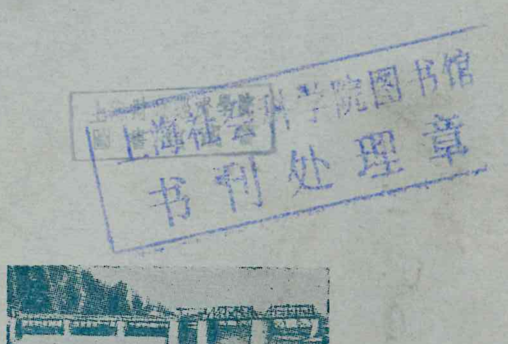
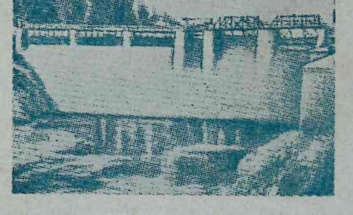
壩

И.М.卡爾巴夫 В.В.法捷耶夫著





財政經濟出版社

壩

И.М.卡爾巴夫　B.B.法捷耶夫著

褚　德　珊　譯

財政經濟出版社

內容提要

壩是水利工程中基本而又最複雜的建築物。在這本通俗技術小册子"壩"裏面，以適合於廣大讀者的形式闡述了各種不同種類的壩，並簡短地列舉了偉大的共產主義建設工程中有關某些壩的資料。

本書可供水利工作者參考之用並可供一般中等知識青年閱讀。

編號：0486

壩

定價（8）三角六分

譯　者：　褚德珊

原書名　Плотины

原作者　И. М. Карпов; В. В. Фандеев

原出版處　Стройиздат

原出版年份　1951年

出版者：　財政經濟出版社
北京西總布胡同七號

印刷者：　廣華印刷廠
上海大連路一九弄一六號

總經售：　新華書店

55.10. 京型，44頁，47千字；787×1092，1/32開，2—3 4印張
1955年10月第一版上海第一次印刷　印數（滬）1—2,000

（北京市書刊出版業營業許可證出〇六〇號）

目　錄

引　言

攔斷河流、河谷或溪澗使河水保持一定水面的建築物叫做壩。

壩可以用土、木材、石頭、混凝土或鋼筋混凝土來建造。應用得最廣的是土壩。在森林豐富的國家裏也廣泛採用木壩。

我國（指蘇聯，下同——譯者）在很久以前就已開始建造土壩和木壩。

B. B. 達尼列夫斯基和 Φ. Я. 聶斯捷露克教授曾列舉許多有意思的資料證明：俄國在十六世紀就已經具有建造土壩和木壩的獨特技術，一直到近代這種技術還被俄國的築壩技師們成功地應用着。

例如1528年某“滑匠”（當時人們這樣稱呼熟練的技師）聶菲許•帕斯谷維金爲了設立磨坊就曾在諾夫格勒特旁伏爾霍夫河上造過一個木籠壩。

一向對水利工程建設很關心，曾請過許多外國技師來幫助實現自己宏願的彼得一世最後也變得喜愛自己本國的技師了。在建造連接伏爾加河和波羅的海的水系時就是這樣。起初領導其中某一工程的荷蘭和別國的專家們化了十五年的功

夫還不能使船隻在水道裏自由通航，那時天才的俄國技師米哈依爾·伊凡諾維契·塞爾求可夫接受了“挽回局勢”的任務，他在二年半的時間內就勝利地完成了外國專家們十五年尚不能做到的事情。塞爾求可夫在茨納河上造了一個壩，在這條河的上游形成一個水庫以供應水流給整個河系，使得船隻難以通航的淺水段不復存在。

另一位優秀的俄國建築師卡斯瑪·德米特里耶維契·伏羅洛夫於1780年在阿爾泰所造的西米依羅哥爾土壩一直到現在還存在着，這個壩的高度有18公尺，就其結構而言比現代的土壩並無遜色。

偉大的十月社會主義革命以前，俄國的造壩經驗並沒有得到交流和推廣，這種經驗祇有少數世代相傳的技師才能够利用。沙皇政府為了取悅於外國資本，它並不想發展祖國的科學和技術，却去把金錢送給吹噓自己本領的英、德及其他外國人，而這些外國人的很多技術却是從我們人民技師這裏竊奪去的。常常發生這樣的事情，俄國人的寶貴建議一直要等到有一個外國商人給它題上自己的名字以後才得到承認和推廣。

由於得不到應有的支持，從人民中間產生出來的俄國技師便祇能在很艱苦的條件之下工作，但是因為他們熱愛着自己的祖國，所以他們不斷地以自己的勇敢和大胆推動祖國技術向前進步，對世界技術思想的寶庫作出了很寶貴的貢獻。

講到俄國水利界著名技師的時候不能不同時提到偉大的發明家、設計師、在世界上第一個製造蒸汽機的伊凡·伊凡諾維契·巴爾蘇諾夫，他的多方面的天才表現在很多技術方面。是他首先創議不把水力發動機直接按裝在壩的正面而把它設在不受大水泛濫威脅的壩的旁邊，使水流通過專門的渠道引向發動機；這種渠道後來稱為“引水渠”（從拉丁字derivatus“引來的”而來）。目前正在建造很多的引水水電站，因為建造引水渠可以使我們在壩比較不高的條件下裝設發電能力較大的渦輪機。

俄國科學泰斗M. B. 羅蒙諾索夫和H. E.茹考夫斯基的努力也促進了俄國技術，其中包括水利技術的發展，如築壩、開渠、造磨坊和裝水管等。

M. B. 羅蒙諾索夫不僅是一個偉大的學者，在人類學術各方面有過很多重要的理論上的發現，並且當他在研究設計新工廠、新的生產工具和裝備的時候他總是力求把科學上的成就應用到實際中去。他也研究水利，並力圖造出更完善的壩和水輪機。現在還保存有羅蒙諾索夫在1754年的筆記：“在鄉村的磨坊附近作了試驗，研究流水怎樣由於傾斜而增加速度，並具有多大的衝力”。按照羅蒙諾索夫的構思並在他本人領導下曾經於1752—1754年間造成了一個很優美的木壩，另外曾使用了許多水輪推動烏斯棱-露特尼茨嘉玻璃工廠的機器運轉，利用這些水輪能“研磨、搗碎和攪拌所需要

的材料使它們變成玻璃，並能琢磨拼鑲的彩色玻璃”。

俄國的航空之父 H.E. 茹考夫斯基寫有 170 種以上的著作，這些作品不僅在發展航空方面而且在很多其他科學技術方面都起了巨大的作用。他曾經研究水在河流、渠道及管子內的運動以及被水流所挾帶的細小固體顆粒（土壤或石頭的）——泥砂的運動。通過這些研究，H.E. 茹考夫斯基首先建立了一些很重要的水和泥砂的運動定律，這些定律具有很大實用價值。

偉大的十月社會主義革命消滅了所有阻止祖國科學向前發展的障碍，並為人民創造力的發揮創設了最良好的條件。蘇聯變成了先進技術思想的堡壘。布爾什維克黨和蘇聯政府領導了為爭取先進的蘇聯技術而作的鬥爭。

偉大的十月社會主義革命以後，在蓬勃發展的社會主義建設進程中蘇聯的水利工程技術被建立起來並且得到了極大的發展。所謂水利工程技術就是關於最完善和最合理地利用天然水利資源的方法方面的科學，以及保證這種利用的，水工建築物建造和管理方法方面的科學。蘇聯在造壩方面的水利工程技術成就表現在能在很困難和很複雜的技術條件下建造巨大和新頴的壩。

第一個巨壩還是在國內戰爭時期開始建造，而於 1926 年前造成的。該壩位於伏爾霍夫河上，是為伏爾霍夫水電站而造的。這個壩的建造人是蘇聯工程師、後來的大學者——水利技師 Г.О. 格拉夫基渥院士。

在伏爾霍夫水電站之後不久又在庫拉河上梯比里斯城旁西木-阿夫夏爾斯水電站造了一個壩。

1926 年開始了斯維爾水電站的建築工程，這個水電站的建築也是 Г.О. 格拉夫基渥領導的。那時他已研究出在軟弱土壤上建造水工建築物的新頴方法，依靠這一種方法斯維爾壩才得以建造成功。

有趣的是請來諮商建造斯維爾水工建築物問題的美國專家庫貝爾，他是十分通曉世界築壩技術的，但對俄國水利技術人員的經驗却認識不足，他作出結論說，該處作為壩基的土壤是絕對不適合於在它上面建造任何水工建築物的。

蘇聯水利技術人員在第一個五年計劃中的光輝成就是建造了歐洲最大的第聶伯水電站和附屬的混凝土壩。這一個壩在世界上是無出其右的。這一個工程的設計者是蘇聯天才的水利技師 И.Г. 阿歷克賽大院士。領導第聶伯水電站建設工程的是蘇聯頭等專家，著名的學者 А.В. 維恩捷爾和 Б.Е. 維捷尼也夫。

在伏爾霍夫、斯維爾和第聶伯河上築壩的經驗幫助建立了蘇聯水利技術人員的大軍，這一支大軍在三個五年計劃中間在我國建造了無數宏偉的水工建築物。

以斯大林同志命名的運河——大費爾干運河和白海-波羅的海運河、以及莫斯科運河、涅文諾麥斯克運河和它們中

間一系列的壩閘等其他水工建築物，錫爾河上的法爾哈特混凝土壩，歐洲最高的明格查烏爾土壩等，所有這一切還遠不足以完全說明這些年來蘇聯在水利工程方面所做的事情。

還有更偉大的事業等在前面。

最近的將來即將建造新的、在構思上最為勇敢的、規模巨大的水工建築物，例如伏爾加河上的古比雪夫壩和斯大林格勒壩、第聶伯河上的許多壩、齊姆良壩、阿姆河上塔赫亞-塔什岬旁的壩等。

利用自己豐富的經驗，依靠我國已經建立起來的保證一切繁重工作機械化的强大工業基礎，蘇聯水利技術人員深信擺在自己面前的各項任務一定能勝利完成，他們滿懷信心地投入了這些偉大的共產主義建設工程，這些偉大的工程將作為斯大林時代的宏偉的紀念碑，矻立在高昇在全世界上。

一　壩的用途

在我們祖國的無數天然富源中河流佔有顯著的地位，它們對國家生產力的總的發展，對居民的生活和勞動活動有着巨大的意義。河流把富有活力的水匯集起來運送到草地和農田裏去，在那兒成長着茂盛的草木，豐熟着穀物和棉花；河流把人們需用的水供應給無數的城市和村莊，供應給各種不同的工農企業。

河流可以作為一種方便的交通途徑，它們在古時候就已經被用做人民間的交通工具。水路在俄國歷史上起過很大的作用，例如有一條從波羅的海經涅瓦河，拉多加湖，伏爾霍夫河，依爾明湖，洛瓦特河轉陸路到西特維納河，然後經西特維納河沿其支流卡斯帕爾河再轉陸路到第聶伯河到君士坦丁的水路，有從伏爾加河到波羅的海流域的三條聯系水路（後來開挖了補充運河及建造了許多建築物後，它們被稱為維什尼伏洛喬克水系、齊赫文水系和馬林斯克水系）；有從捷斯納河到奧加河，從奧加河到頓河的水道等等。

我國首都莫斯科與波羅的海、白海、黑海和裏海的聯系促進了它在初期的發展，莫斯科通過這些水路與國外進行貿易。

目前，在我們社會主義經濟中間河流作爲交通道路的作用更加增大了，千百萬噸爲居民和工農業所必需的材料和產品是經由河道來運送的。

關懷着繁榮祖國和增進勞動人民福利的布爾什維克黨和蘇聯政府在偉大的十月社會主義革命後，實現了改善和擴大我國水道網的巨大工作計劃。

蘇聯部長會議關於建造伏爾加-頓河運河，土庫曼大運河及伏爾加和第聶伯河上許多水利樞紐站的歷史性的決定替未來發展水路運輸開闢了更大的可能性。

但是，河流的價值遠不是它們在發展水路運輸方面的作用所能表示的。許許多多的磨坊水輪和各種水電站（從不大的集體農莊水電站到最大的具有全國意義的水電站）的渦輪機把河流的水能改變爲機械能和電能，供所有的國民經濟部門應用。

按照斯大林計劃所進行的對自然的偉大改造首先是以利用國家水利資源，主要是我國的大小河流爲基礎來進行引水、給水、灌溉等工作。河流對我國國防有着重要意義。另外，我國漁業的發展也和河流的正確利用有很大的關係。

河流給我們的好處是很難全部一一列舉的，但是要使它們對人民經濟有最大的利益是需要作不少的勞動的。需要建造許多水工建築物：壩、閘（船閘及其他的閘）、輸水道、溢流道和無數治理河床的及其他的設備，即使是一個較小型的水電站，除了按裝渦輪機外，也還需要建造一些上述的建築物的。

本書裏面所談的是壩，它們是我們時常能看到的基本而最重要的水工建築物，對人民經濟有着重大的意義。

前面已經解釋過，壩是一種使河水保持一定必要水位的建築物。壩的上游一面（即迎水一面）的水位比下游一面要高。

靠近壩的河段，在壩的上游叫做**上游河段**，在壩的下游叫做**下游河段**。壩的上游河段和下游河段間的水位差叫做**水頭**。

如果下游河段中沒有水，那末上游河段中的水位與下游河段中河底間的高差叫做水頭。

在河流上築了壩後就可以控制水位，或一般所謂調節河流中的水位，並建造水庫。所謂**水庫**就是可以蓄水的人造蓄水池。

河裏的水位被調節後就可以做到：

a） 改善航運條件，因爲在船隻不能通過的淺水段可以因抬高水位而使河水深度增加。

б） 有可能把所需要的水量供給導水渠。

в） 在河流上形成人造瀑布，亦即說可以在壩的上下游河段間造成大的水位差，這種大的水位差對水電站和水磨坊利用水能而言是很必要的。

г） 改善抽水站的工作條件，抽水站可以有足够的水量從河裏抽上來供應農業，城市，鄉鎮或工農企業的需要。

д） 在木材因水淺而擱在淺灘上有乾裂的危險時改善木材的浮運條件，這時係應用臨時性的低壩抬高河裏的水位使得連最淺的河段也可以能讓木材飄過。

目的在於調節（升高）河裏水位的壩叫做壅水壩。

圖1所示爲集體農莊水電站所用的木壅水壩的外貌。

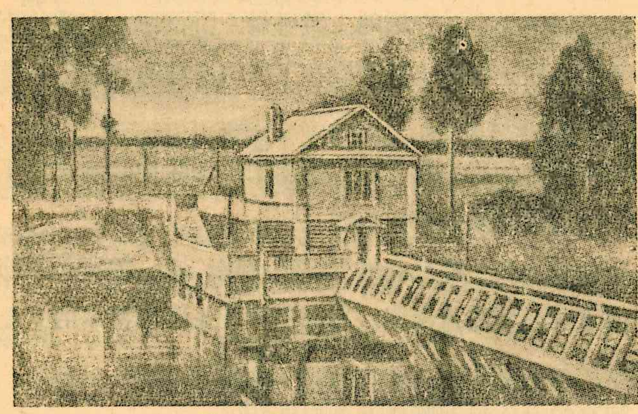


圖 1 壩和集體農莊水電站

河流在一年四季裏所運送的水量，亦即水利技術中所講的流量是不同的（通常流量是以每秒鐘內流過河流横斷面的立方公尺水量來度量的）。夏季及冬季河裏的流量大大減小（大的河流變淺，不大的河流往往完全乾涸），可是在春汛時期或暴雨以後河裏的水就很多很多。例如米丘林斯克附近的一條列斯諾依沃龍涅什小河在旱年的夏季其流量祇有

每秒0.5立方公尺左右，可是當春季大水泛濫時在同一地點的流量却達到每秒幾百立方公尺。

伏爾加河古比雪夫站的流量當大水時可以超過其夏季的流量（所謂平水位時的流量）到100倍以上。

在河上建造水庫可使在洪水時期完全或部分攔蓄河水（要看水庫的容積如何而定）以便將來利用。

洪水過後，河裏的流量就逐漸減小，河水可能會變得低於必要的深度或不能滿足水電站，灌漑，給水等方面的水量需要。這時候儲蓄在水庫裏的水就可以彌補這種不足，可以按照需要來利用它。因而，有了水庫的幫助便能够長期地改變或保持河裏的流量。在水利技術中這種人工改變流量叫做逕流調節。

在夏季水量不足，且河流在自然情況下不能保證各種消費者對水的需要的地方設立水庫就特別來得重要。

水庫對保證水電站的平衡工作有巨大意義，依靠水庫內儲蓄的水量可以使一年四季都能供給渦輪機以必需的水量而不受河內流量變化的牽制，這樣就保證了水電站有最大的發電量。

河裏的天然逕流愈不均勻，亦即說一年四季內河裏流量的差別愈大則對於調節逕流用的水庫的容積愈需要大。容積不大的水庫祇能調節不大的一晝夜間的逕流變化（稱爲晝夜性逕流調節）。水庫容積增大以後便可以實行季節性的逕流調

節，使一年以內天然逕流的變化得到調整。如果再把水庫容積擴大就可以做到多年性的逕流調節，它不但可以調整各季的逕流變化而且可以調整各年的逕流變化，這種各年的逕流變化是由於旱年和多水年的交替關係而產生的。水庫在大水年所儲蓄的水可以用二年到三年。當河裏逕流量減少得很厲害，比一年內平均逕流量還要小時這樣的儲蓄就顯得特別重要。

季節性和多年性的逕流調節對灌溉有特別的意義。往灌溉渠系統裏供水必須按照一定的用水曲綫圖進行。通常當灌溉渠系統裏需要供給最多水量時剛好是河裏水量不足的時候。因此當利用河流來灌溉時幾乎總得依靠水庫來調節逕流。

在乾旱區域，例如在伏爾加河左岸地方由於當小水年時河水跌得特別厲害，因此必須要用多年性的逕流調節來灌溉。

特別巨大的水庫能够逐漸地改變當地的氣候和動植物面貌。我們有關於這一方面的科學研究機關在專門研究這些問題。我國自然科學的現代水平使我們可以預料當這種巨型水庫，例如未來的古比雪夫水庫形成後，在水庫週圍將要發生的一連串重大變化。當我們預料到這種變化時我們就可以事先擬定一些專門的措施來防止它們不好的一面，並利用它們對人民經濟有利的一面。

設立水庫也可以用於別種目的，例如發展漁業，養殖水禽等，而且水庫在美化當地環境方面有着巨大的作用；水庫

沿岸美麗而茂密的樹木加上炎夏時凉爽而清新的空氣使水庫成為一個很好的勞動人民休憩的場所。除此而外，水庫還可以用來發展水上運動。

為了形成水庫而築的壩叫做水庫壩。

壅水壩和水庫壩的區分是有些假定性的，因為通常水頭在5—10公尺以上的壩不是單單為了形成水庫或單單為了抬高水位，而是同時兼有這兩種目的。在我們社會主義計劃經濟情況下水工建築物的建造要同時使它能滿足農業、工業和交通運輸業的需要，因此總是必須既要抬高河裏的水位，又要調節河裏的逕流，亦即是說所造的壩應該同時既是壅水壩又是水庫壩。

通常幾乎把所有為了使集體農莊和拖拉機站電氣化而造的壩都算做壅水壩，這類壩所造成的水頭不大，所形成的水庫容積很小，有時甚至不足以用來作晝夜性的逕流調節。

下面的一些壩可以稱為是在我們蘇聯所造的巨大壅水壩，例如：藉以供水到阿爾漢-楚爾脫河谷灌溉渠去的捷列克河上的壩，保證湼文諾麥斯克運河水源的庫斑河上的壩（水沿這條運河流往過去是乾旱的斯塔夫羅波爾草原）等。

伏爾加河上的一些壩，例如造成莫斯科海的伊凡柯夫壩，造成雷賓斯克海的謝爾巴柯夫壩以及在斯大林五年計劃年代所造的另外一些壩係屬於水庫壩。

特別在最近兩個五年計劃裏，我們造了很多改善航運條

件的壩，其中最大的爲造於白海-波羅的海斯大林運河上的壩以及造於莫斯科運河上的壩等等。第聶伯水電站的壩大大改善了第聶伯河上的航行條件。當卡霍夫卡壩造好後將更加改善第聶伯河整個下游的航運條件。

根據航運，引水，水電站工作需要以及其他有關需要而決定的壩上游河段中的水位叫做正常壅水位。在某一個時期，例如在洪水時期壩上游河段中的水位可以高出於正常壅水位，有時則相反，上游河段中的水位會變得低於正常壅水位。壩以及其他水工建築物的結構應該預估到上游河段中這種水位的漲落可能。

圖2所示爲壩對河中水位的影響圖，虛綫表示造壩以前的水位，實綫表示造壩以後的水位。

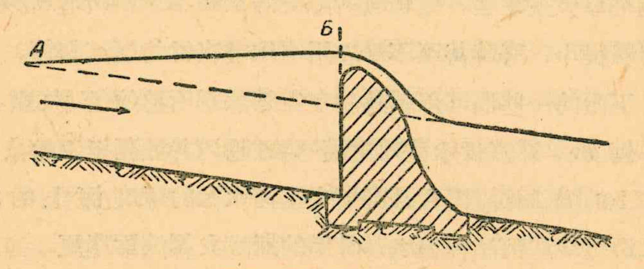


圖 2　壩抬高河中的水位

河裏由於造壩而產生的水位抬高段的長度決定於壩的高度及河底的平均縱坡降。大致上可以認爲，壩前的水位抬高量除上河底的平均縱坡降就等於該段的長度。例如，如果河底縱坡降爲0.001，亦即說河底在1,000公尺的長度上降低1公尺，而同時壩前水位抬高2.5公尺，那末水位抬高段的長度等於

$$2.5:0.001=2,500 \text{ 公尺。}$$

（在圖2中該段以字母 *A*—*Б* 表示）

A—*Б* 段的長度算出後就可以推算這一段範圍內離開壩任一距離處的水位抬高值。

蘇聯歐州部分中部地段的河流其河底縱坡降一般爲0.00005到0.0001—0.0005，逐漸從上游往河口方面減小。通常比較大的河流坡降較小，小的河流則坡降較大。蘇聯山區河流的縱坡降可達很大的數值（0.01以上）。

根據前面的計算不難明白，河底縱坡降愈大則造壩以後的水位抬高段愈短，因此水流方向上坡降比較小的平原河流其受壩影響的河段比起山區縱坡降較大的河流來要大。

圖3所示爲築壩以保證河水進入自流渠的例子。這樣的渠道多半是用來輸送水流到灌溉地段去的，它們叫做幹渠，從圖3中可以看出幹渠進入農田後，分成較小的渠道叫做分水渠，水藉分水渠分配到各個灌溉田間沿臨時性的灌溉渠流到引水溝再流到灌水溝中去，亦即說直接流到植物附近。

圖3右上角爲幹渠引水地點河流的橫斷面。在沒有造壩以前河裏的水位比導水渠的底要低，故河水不能流入渠道。壩造好以後，導水渠入口處的壩上游，河段中的水位增高了，必要水量的水可以自動流入渠道。

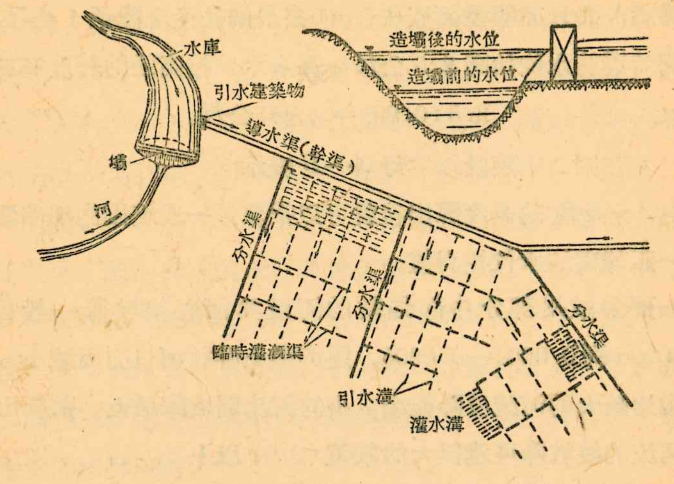


圖 3 往水渠中導水圖（箭頭表示水流方向）

應當指出，導水渠所在地的位置愈高以及渠道中的水位愈高，則該渠道可以灌溉的農田面積也愈大。通常在水利技術中說：灌溉渠必須"統率"被灌溉的田地，所謂統率就是指渠道裏的水位高出於被它所灌溉的田地上任何一點的意思，祇有在這樣的情況下才可能對田地裏的作物進行自流灌水。因此我們總是力求把幹渠設在灌溉區內最高的地點，這樣就需要抬高水位並築壩。

斯大林格勒旁伏爾加河上的壩抬高水位 25 公尺使斯大林格勒自流幹渠遠遠伸入到伏爾加河左岸的草原，保證了百萬公頃土地上的供水，按面積來說等於丹麥、比利時、荷蘭、瑞士之總和。

水電站的發電能力取决於河裏的流量和上下游河段間的水位差，它是通過專門的計算來决定的。有時這種計算很爲複雜。不過在預估的時候可以近似地確定水電站的發電能力 N（以瓩計），認爲它等於水頭 H（以公尺計）和奔向渦輪機的流量 Q（以立方公尺/秒計）的乘積再乘以 8，即：

$$N=8\times H\times Q \text{ 瓩。}$$

例如水頭 H 等於 5 公尺，流量 Q 等於 25 立方公尺/秒時水電站的發電能力將等於：

$$N=8\times 5\times 25=1,000 \text{ 瓩。}$$

水電站的發電能力與水頭的大小成正比，因此，當奔向渦輪機的流量相同時，壩愈高則水電站的發電能力愈大。但是，築很高的壩並不一定是合適的。因爲河裏的水位抬得很高以後被淹沒的面積也將增大。由於這種緣故在選擇水電站的壩高時要經過技術-經濟計算，採用在經濟方面和技術方面都對國民經濟有最大利益的方案。

築壩將改變河流的天然情況，隨着河流深度的改變水流速度就發生變化，因而也引起泥砂的運動發生巨大改變。

壩上游河段中的水流速度大大減慢了，以前被水流所挾帶的泥砂在造壩以後開始沉入河底，壩上游河段內，特別是靠近壩面前的水深就會逐漸減小。這種現象在挾帶泥砂較少的平原河流中並不危險，在山區河流及山附近的河段中則可能會引起很大的麻煩，因爲它們含有大量的泥砂。

沉積在壩上游河段中的泥砂能够極快地（2—3年）減小壩所形成的水庫容積，甚至能將水庫完全淤沒。例如在美國的科羅拉多河上就曾經有過這樣的事情。美國的一些私人公司曾在科羅拉多河上造了一個供水給所謂全美運河的壩，為了貪圖發財這些公司一點也沒有去考慮建築物造好以後將會發生一些什麼情況，因此壩造好後不到幾年就被泥砂淤沒了。結果，運河公司被逼在已經失掉効用的壩的上游另外造了一個包括壩的引水樞紐站。

如果在壩的上游河段發生泥砂沉積，那末在壩後，河流的下游段將發現相反的現象，這一段水裏所含的泥砂比未造壩前要少，因此增大了水的冲刷力量，這樣就會使壩的下游河槽發生冲刷。這種冲刷往往能毀壞造在河上的建築物及冲毀河岸，故水利技術人員必須事前考慮到防止冲刷的專門措施。

上面所講的，發生在壩上下游河段中的一些現象，在造壩的時候都是必須考慮到的。

為了與泥砂及河流中其他不良現象作鬥爭，最好在造壩的同時再造一些別的水工建築物，例如導流堤，它可以控制在河床中所發生的變化（所謂造床過程）。為了與泥砂作鬥爭也造一些專門的冲洗建築物，利用水流來冲洗在壩前沉積的泥砂，把它們宣洩到下游河段去。

如果水是從河流進入幹渠，那末造床過程的控制要計算得能保證有最好的引水條件，在這種引水條件下不允許泥砂

進入渠道，從而避免渠道系統裏的巨大清洗工作。

為了減少進入導水渠的泥砂，人們建造一種專門的沉砂池。流往渠道去的水裏所含的泥砂就沉澱在池裏。圖4所示為具有沉砂池的引水樞紐站模型。這個沉砂池是一個很深的池子，位於灌溉幹渠的前面。沉砂池裏的泥砂是用水流冲洗走的，冲洗的水流通過沉砂池經由專門的底管而排出到壩的下游。

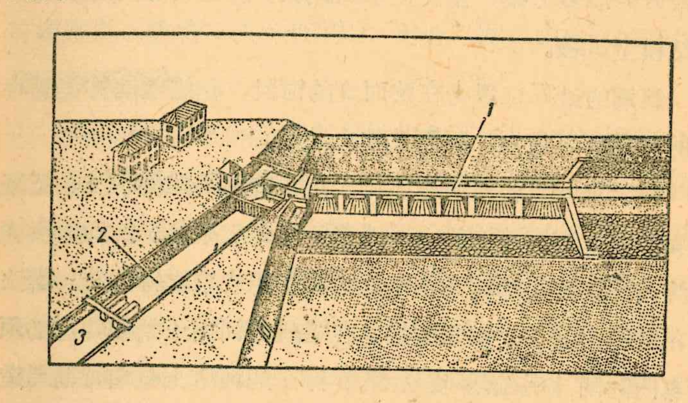


圖4 附有壅水壩的引水樞紐站模型（從下游看）

1—壅水壩；2—沉砂池；3—幹渠

蘇聯學者 M. B. 巴達巴夫所研究出來的，在水流中引起人工迴流的方法對防止泥砂及控制造床過程有特別巨大的意義。這一方法的實質是這樣的：在河裏設置一些專門的貼近河底的板或浮板（或浮筒），這些板與水流方向成一定的角度（18—20°）；由於有了這些板的緣故在水流裏面就產生一種螺

旋形流可以把泥砂引離引水地段或保護河岸不受冲刷。在這時候水流作了有効的功，我們所利用的是水流本身的水能，並不需要從外面加機械能。

河流上各種建築物的位置（水利樞紐站的佈置）對築壩以後河床中所發生的變化特性有巨大影響。在複雜的情況下，爲了得出水利樞紐站（即河上各種水利建築物的樞紐）的最好的佈置方案，需要在水工試驗室裏進行專門的水利樞紐站模型試驗。

築壩的最好位置是在狹而直的河段，在這種地方築壩時壩的體積可以最小，因而成本也最低。

爲了更好地利用河流起見，在我們國民經濟中總是把築壩與造其他不同用途的水工建築物結合起來的。例如造供應水流給灌溉幹渠的壩時希望能同時利用它來取得電能，辦法是在壩的旁邊造一個水電站。在通航的河道上築壩時還必須造專門的閘，以便讓船隻通過。在浮運的河道上築壩時則要造能使木材通過的建築物。如果這一條河流對發展漁業是有意義的話，那末必須考慮到不要使壩阻碍魚類的逆水上游，遇到這種情況時在壩的旁邊要設置一些專門的魚梯和昇降魚道，魚類依靠這些設備就可以克服壩的阻碍。

在資本主義經濟體系裏面，私人企業主所關心的事情祇是如何能撈得更大的利潤，因此河流的合理利用極爲困難。不同企業主抱了不同目的而在河上建築的壩以及其他水利建築物替這些企業主帶來了利害糾紛，結果河流的利用不是改善，而是弄壞了。例如根據庫爾斯克省立地誌博物舘的資料，十九世紀末在庫爾斯克、奧爾洛夫及中央黑土區的其他許多大小河流上，當地居民曾經造了很多附有水磨坊的壩，用來抬高河裏的水位並形成很多水庫。儘管這些壩對農業有很大好處，但它們於 1890—1900 年間幾乎全被搗毁，其原因是利用河道運送商品的商人不願意再花一筆錢來造船閘以打通河道上被壩所造成的阻隔，因此不顧農民羣衆的受害而把這些壩都毁掉了。

代表一定階級利益的沙皇政府曾不得不定出在河流上建造水利建築物的專門法律，例如在沙皇阿立克雪依•米哈依洛維契時所批准的"法典"第十章第十八頁中說："在這些有船隻通航的河流上不得建造新的水池、壩及水磨坊俾免因而阻害航運"。這一件事也說明了十七世紀時，關於在河上造壩的問題不同社會階層的代表間是怎樣在互相鬥爭的。

偉大的十月社會主義革命後從根本上改變了這種情況。在蘇維埃社會主義制度下，所有的天然富源都是爲總的國民經濟利益服務。布爾什維克黨和蘇聯政府不但關心到怎樣更好和更充分地來利用這些富源，而且還考慮到對這些富源的保護和擴大。

壩不但可以造在河流上，而且還可以造在乾的地方（谷地、山峽、窪地等），這時壩可以把流往低處的融雪水和大雨

的雨水聚集起來形成池塘和蓄水池。在天然河流網和每年的雨水不能滿足當地居民和農業需要的地方，特別需要這種池塘和蓄水池。

在乾旱區域建造池塘和蓄水池可以使整個植物生長期間土壤中保持必需的水份，大大促進農作物產量的提高。在下列一些地區池塘和蓄水池具有特別的意義，例如在蘇聯中央黑土地帶——庫爾斯克省、奧爾洛夫省、唐波夫省、沃龍涅什省以及羅斯托夫省、斯塔夫羅波爾州、南烏克蘭和其他我國的乾旱地區。

俄國著名學者 B. B. 道庫恰耶夫當時指出了水池與乾旱作鬥爭的巨大作用。他研究出一種在分水嶺上建造水池的方案，這種水池可以利用洪水時期的水來供自流灌漑之用。此外，根據B. B. 道庫恰耶夫的方案所建造的水庫對河裏的平水流量也有影響，因爲水從水池滲入河裏故能使流量增大。

目前正在實現的，斯大林改造我國自然的偉大計劃是國家利用和擴大我國天然富源爲人民利益服務的一個榜樣。這個計劃是由許多巨大的措施所組成的，其中包括水利工程方面的，農業技術方面的和森林土壤改良方面的。這許多措施彼此間緊密地聯系着，互相影響着，並替從根本上改變不良自然環境奠立了基礎，使不良的自然環境變爲發展國家工農運輸業所需要的環境。即將來到的這些措施的實現將大大提高千百萬蘇聯人民的物質福利。

在斯大林改造自然的計劃裏水利工程的措施佔有巨大的地位，通過這些措施可以更好地利用國家的水利資源，使缺水和乾旱的農田得以進行灌漑，使我們能得到大量廉價的電能，延長並大大改善水運交通網。

在伏爾加和第聶伯河上的巨大水利樞紐站，土庫曼大運河工程和塔赫亞-塔什岬旁阿姆河上壩的建築工程，伏爾加-頓河運河及齊姆良鎮旁壩的建築工程以及在我國乾旱地區廣泛興起的大批水池和蓄水池的建築工程——所有這一切，連同森林土壤改良及農業技術方面的措施在最近的將來將把大塊的草原和沙漠變爲繁盛的果園，使我們的莊稼免除乾旱的危險，大大地提高農作物的收穫量，保證創造從社會主義過渡到共產主義所必需的豐富物品。

二　壩的構造

築壩時總是應預先考慮到水從上游河段洩放到下游河段去的可能性。

壩可以做成不過水的，即不讓水通過壩，不過這時一定要造專門的建築物——溢流道（圖 5），過剩的水（例如在洪水時期）經過溢流道從上游河段排洩到下游河段。

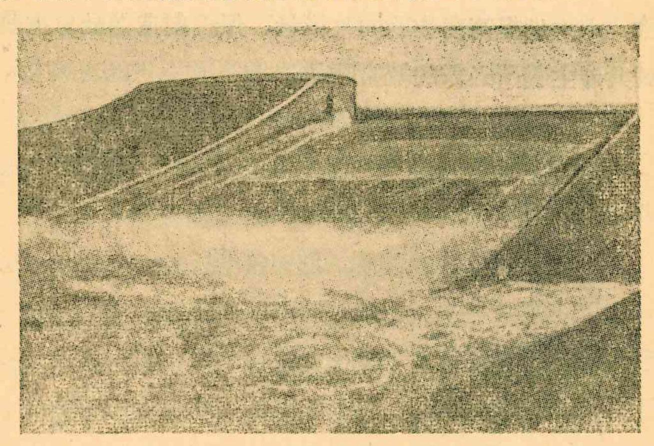


圖 5　洪水沿土壩的溢流道陡坡排走

為了避免建造專門的溢流道起見，還有一些壩的壩身是可以讓水通過的，如具有洩水孔的壩，滾水壩，頂上裝有閘

門的滾水壩，活動壩等。

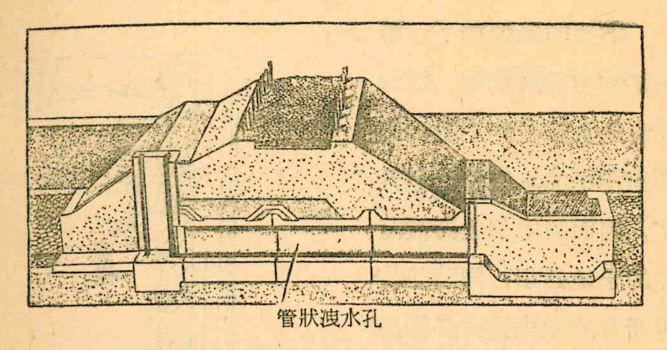


圖 6　具有管狀洩水孔的土壩模型

具有洩水孔的壩與不過水壩不同的地方是前者在壩身某一深度上有一個或幾個孔道。以圖 6 所示的壩為例，在其壩身造有一水平管狀的孔道，叫做洩水孔，這個孔道必須用專門的閘門加蓋。

滾水壩（圖 7）由滾水部分及壩座所組成。滾水部分有時稱為溢流堰，它是造在河上面的一個檻，水可以從它上面自由滾過去（圖 8）。壩座是垂直的墻，滾水部分依靠壩座與河岸或不過水壩（通常是土壩）相連接。

當上游河段中的水位高過溢流堰的上部（頂）時，滾水壩就開始滾水，為了有可能洩空水庫以及在施工時期可以放水起見，在滾水壩中有時也造有洩水孔。

通過滾水壩溢走的流量與上游河段中的水位有關：上游河段中的水位愈高，則溢走的流量愈大。由於這個緣故，就

使得在使用水利樞紐站時產生了許多麻煩。

主要的麻煩如下：第一是當洩放洪水時，這時河裏的水位激烈上漲，上游河段中的水位也激烈升高，因而將增加上游被淹沒的土地面積，同時並使得所有的建築物都必須造得更高。第二，當河裏流量減小時，上游河段中的水位也降低，可能會降到低於正常的壅水位，使得供應幹渠的水量減少，並使該水力樞紐站中水電站的發電量降低。

消除上述缺點的辦法是把滾水壩的壩頂設得低一些，同時在壩頂上裝上閘門——可以活動的平板或曲綫形板。閘門可以把高過壩頂以上的水攔住。把閘門放下，可以完全攔

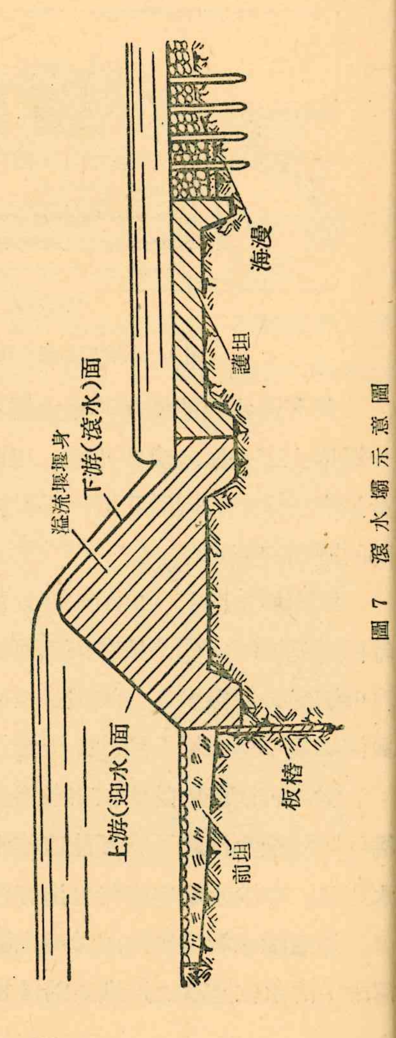


圖 7 滾水壩示意圖

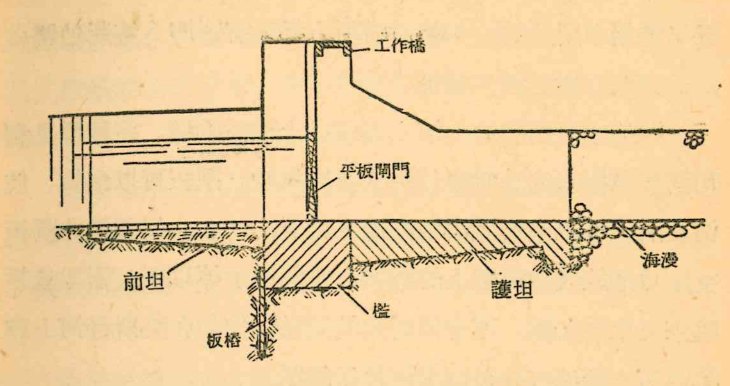


圖 8 壩的橫斷面圖，壩上裝有閘門

住流往壩的洩水孔和溢水孔的水，把閘門升起，可以增大通過壩的流量。

因而，在壩頂上裝有閘門的滾水壩可以調節水通過壩的流量而不受上游河段水位的牽制，上游河段的水位則經常保持一定的高度。

在我國水利工程建設的初期，在各大河流上所造的主要是壩頂上不裝閘門的滾水壩（例如伏爾霍夫水電站的混凝土滾水壩，高 10.5 公尺，長 210 公尺）。當時這樣做是爲了便於冰塊的通過，因爲在流冰時期，閘門的調度（即閘門的升降）是很困難的，閘門可能會阻碍冰塊的通過。但是，已經造好的巨大水庫的經驗指出，水庫裏面的冰是會逐漸融解的，主要在當地融化，故壩並不需要排洩强大的流冰，再加上現在已經能够製造出更完善的閘門結構，因此在最近兩個

五年計劃中所造的滾水壩，壩頂上都裝有閘門（第聶伯壩，斯維爾壩，伊凡柯夫壩等）。

在流冰很厲害的小河上則建造一種活動壩，這種壩是利用閘板來攔水的。當洩放洪水及冰塊時，閘板可以拿掉，使河裏的水可以毫無阻碍地流過（參看圖28）。這種壩的閘板支座乃是鉸接在壩檻上的桁架。當閘板拿掉以後，桁架就折轉來成水平狀態，不會阻碍水的流動。例如在莫斯科河上和奧加河上就造有好幾個這種樣子的壩。

根據壩所造成的水頭（或者是壩前水深）的大小，人們假設地把壩分成低壓壩（水頭8—10公尺），中壓壩（水頭10—25公尺）及高壓壩（高25公尺以上）三種。

低壓壩設在洪水時水位升高很大以及流冰很強烈的河流上，它們幾乎都是做成活動壩，很少做成裝有閘門的滾水壩。

當河灘很寬的時候，裝有閘門的壩可以築成祇攔斷河灘的一部分，這時河灘的其餘部分係用土壩（不過水壩）來攔斷。

在河灘上建造裝有閘門的壩是很簡單的，因爲一切建造工作都可以在河灘沒有被水浸沒的時候進行，因而不需要造專門的圍堰把施工的地方圍護起來。

當有閘門的滾水壩壩身很長的時候，用垂直墻把壩分成幾個跨段，這樣設置閘門時可以容易一些。這些垂直的墻叫

做壩墩。壩墩和壩座一樣，係作爲閘門、行橋（通過壩）以及工作橋的支柱之用。在工作橋上設有升降閘門的機械設備。

建造有閘門的滾水壩時通常規定不得使溢過壩的水層超過10公尺厚。如果這一層溢過的水很厚時，可能會使壩後發生很大的冲刷，對於冲刷現象的防止是需要增加很多費用的。

由於被壩所造成的上下游河段間的水位差之故，水從上游河段通過壩身或壩的地基而往下游河段滲透。當壩的地基內的土壤可以被水透過時，滲透水可以冲走地基內的土粒，引起壩各個部分的不均勻沉陷，並破壞地基，最後可能會使壩垮掉。

此外，壩基中的滲透水對壩底產生一種自下而上的壓力（所謂滲透壓力或反壓力），這一個壓力與自上而下，把建築物壓貼在地基上的穩定力（壩的重量等）起相反的作用。計算水工建築物（其中包括壩）的穩定性時，必須要考慮滲透壓力，這一點是與計算其他建築物（工業和民用建築物等）不同的一個特點。

爲了減小作用在壩上的滲透壓力及防止水滲過壩基起見，在壩的前面造有前坦——不透水的舖蓋物（圖7和8），在壩的地基內還打板樁——橫過河槽的不透水墻。爲了使壩檻能抵抗滲透壓力的作用起見，它必須做得足够重大（很重，

並且有一定的寬度）。壩檻和前坦的尺寸以及打樁所需要的深度是通過專門的水工計算來確定的。

壩檻高出於河底的必要高度及壩放送必要流量用的洩水孔和溢水孔的尺寸也是經過專門的計算而確定的。這種計算叫做水力計算。組成水工計算和水力計算理論的基本原理是蘇聯學者 H. E. 茹柯夫斯基教授和 H. H. 巴甫洛夫斯基院士所研究出來的。

在滾水壩中除了上面所講的部分外，還應分爲護坦部分（或護坦）和漫流部分（或海漫），如圖 7 所示。

護坦是用來承受水溢過壩時的衝擊力的。海漫是壩過渡到河床的部分，溢過壩的水流在海漫範圍內其速度必須相當小，使得建築物附近的河底和河岸不致於發生冲刷。

壩身（塊體）向上游河段的表面稱爲上游面，或稱迎水面，向下游河段的表面稱爲下游面，或溢水面（對滾水壩而言）。

壩根據其主要建築材料的不同可以被稱爲土壩，石壩，混凝土壩，鋼筋混凝土壩和木壩。

土壩 這一種壩應用得最廣，因爲這種壩的建築材料（砂質粘土、粘土和砂）在工地差不多總可以找得到，壩的結構又簡單，施工也不困難。在以前，所有一切築壩的工作幾乎都是用人工或馬力做的，現在由於我國的工業化，造出了各種不同的機械（挖土機、冲射機、吸泥機等）可以使得

建造土壩的一切工作都完全機械化。

土壩的壩身在橫斷面上是呈梯形（圖 9）。這一梯形的兩側面叫做壩的邊坡。壩身與地基土壤分隔的面叫做壩底。

壩愈高，則邊坡愈應平緩，特別是壩的下面部分。此外迎水坡（或上游坡）做得比下游坡平緩，因爲上游坡一面壩身的土壤被水所飽和後容易液化和坍塌。

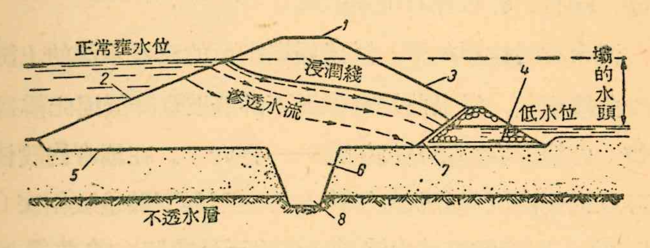


圖 9 土壩的橫斷面

1—壩頂；2—上游邊坡；3—下游邊坡；4—石質壩趾；5—壩底；6—齒墻；7—濾水層；8—鎖墻

邊坡的容許斜度與土壤的質地也有關係，不到10公尺高的小壩其上游邊坡對水平綫的平均斜度爲 15° 到 27°，下游邊坡則從 20° 到 35°。

造土壩的最好材料要推中等砂質粘土，這種粘土比砂土不容易透水，同時又沒有粘土那種有害的膨脹性。

如果壩身是用重砂質粘土造的話，那末爲了避免它們在凍結時膨脹及在乾燥時龜裂起見，壩身用一層砂土或砂質壤土鋪蓋，以防護重砂質粘土凍結。

水經由土壤孔隙而通過壩身的連續滲透是隨水頭以及壩身和壩基內土壤透水性的增大而增長的。爲了使這種滲透對壩無害起見，必須使滲透水流保持不致於冲走土壤的速度。此外，在下游邊坡要造一種專門的排水設備（濾水層），使下游邊坡不被滲流所潤濕。濾水層設在下游邊坡壩底旁的壩身內或直接設在下游邊坡上。濾水層是由 3—4 層依次舖蓋的砂、礫石、卵石和石塊所組成。

濾水層的作用如下：透過壩橫斷面的滲透水流的上游段是成曲綫形狀，這根曲綫愈靠近下游邊坡愈降低因此稱爲下降綫（此綫在我國稱爲浸潤綫——譯者）。在壩身內設濾水層可以促使浸潤綫很快地下降，使它不與下游邊坡相交（參看圖 9）。同時當滲透水流通過排水三稜體時，首先遇到的是細砂層，其次是石礫層及粗的石塊層，因而它的移動速度就逐漸減慢。這時冲出來的土粒被阻擋在排水三稜體的內面不會被帶到外面來。

土壩可用成分相同(均質)的土壤或不均質的土壤造成。圖 10 a 所示是由均質土壤所造成的土壩的横斷面。

由不均質土壤所造成的壩有下面的幾種類型。

斜墻壩（圖 10 б)。這種壩在上游邊坡中斜堆有透水性小的土層——所謂斜墻。這種壩是當工地衹有砂土及不多量的粘土或砂質粘土時造的。壩身係用砂土建造，另外用粘土或砂質粘土做成斜墻，以減小通過壩的滲流量。斜墻面上

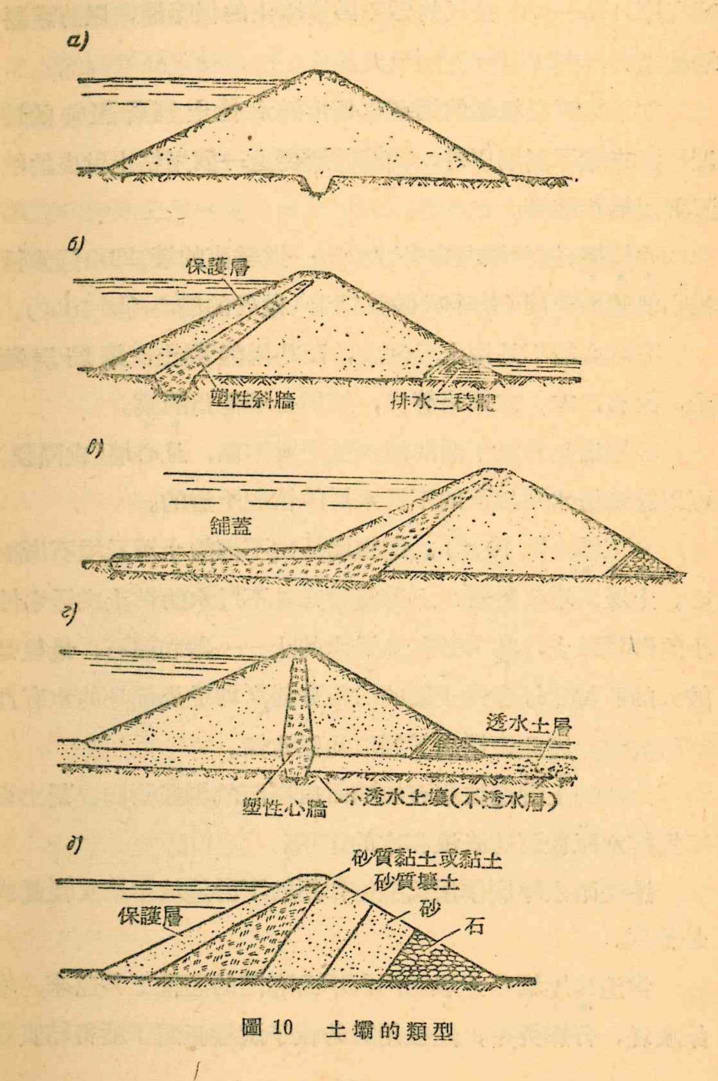


圖 10　土壩的類型

舖有厚 1.5—2.0 公尺的砂和砂質壤土的保護層，以防護斜墻凍結。

如果遇到斜墻壩的壩基也是由透水性土壤所組成的情況，那末除了斜墻以外，在壩前還要造一個用粘土做成的舖蓋與斜墻相連接。

心墻壩。這種壩在中央部分有一道垂直的墻，即由透水性很小的塑性土壤（粘土或砂質粘土）做成的壩心（圖 10 г）。

有時心墻不是用土壤做成，而是用混凝土，鋼筋混凝土，砌石，木材或鋼來替代，這種心墻稱為**隔膜**。

心墻壩是當壩下面的透水性土層不深，且心墻（或隔膜）可以達到透水層以下的不透水層的情況下造的。

分區壩（圖 10 д）。這種壩是由不同的土壤及堆石所組成。土壤斜堆成幾層：上游邊坡處是不透水的粘土或透水性小的砂質粘土，其次是較為透水的土——砂和礫石，最後是較大的石塊，壩身內土壤的這種分佈幫助透過壩身的水有良好的排洩，因此便提高了壩坡的穩定性。

土壩的上游邊坡用石塊舖面或專門的編織物和混凝土板來抵抗水庫表面的波浪和冰的作用。

遭受雨水冲刷作用及風化作用的下游邊坡用草皮覆蓋或是植草。

當造**滾壓壩**時土壤係用汽車或專門的運輸工具運來，堆築成堤，仔細弄平，然後用重的輥子滾壓。為了壓得結實起

見，在滾壓前用水將土壤加以潤濕。

造**水力冲積壩**時，採土場中的土壤被水冲刷變成稀軟的泥漿，然後經由槽子或管子通到造壩的地點。

為了使泥漿不會流出壩基範圍以外起見，在築壩的地方圍有高 3—5 公尺的堤，這種堤是用透水性（砂性）的土壤或礫石和石塊做成（圖 11）。在圍堤裏面的空地是有坡度的，即邊上高而逐漸向中央低落。泥漿澆下來後沿斜坡向未來的壩的中央部分流去。

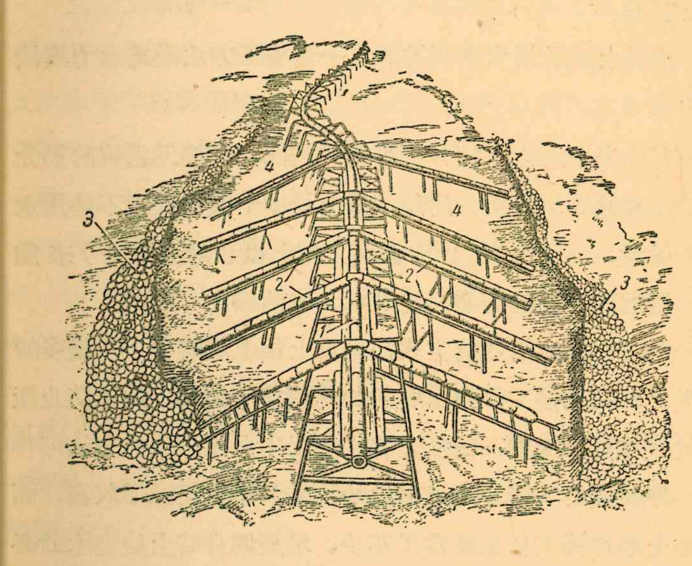


圖 11　中央輸漿的土壩冲積圖

1—中央輸漿管；2—旁向輸漿管；3—圍堤；4—沉澱池

當泥漿向壩軸移動的當兒，由於流動速度很小，故泥漿裏面的土壤就逐漸跌落並沉積起來，開始是粗粒子的土壤跌落下來，以後愈接近壩中央則落下來的土粒愈細。泥粒澄清以後的水經由專門的槽子或管子流出築壩的地方。隨着壩身的冲積，圍堤的高度也逐漸增加。

在採土場中冲掘土壤時，或者是應用吸土機（當土壤容易被冲掘時），或者是應用水力冲射機。水力冲射機能以很大的壓力（達 18 個大氣壓）從管子裏冲出强大的水流作用在土壤上。

採掘土壤及用水來運送的這一套施工方法稱為水力機械化法。

有時光用水力冲積方法築壩的內部，壩接近邊坡的部分則採用普通的堆築法。同時，採土場中土壤的採掘不是用水力冲射機，而是用挖土的機械（挖土機、鏟土機等）來進行，用這種方式造的壩稱為半水力冲積壩。

在燥熱季節用乾的方式採掘黃土類土壤時會產生很多的灰塵，因而減慢工作的速度並加速機械的損壞。為了防止產生灰塵起見，採用一種預先將採土場中土壤潤濕的方法可得到良好的效果。應用上述方法的時候，不但消滅了灰塵，而且使土壤採掘工作也便當了不少，堆築壩身時土壤澆水的必要性也降低了。

採掘、運送及堆築土壤時的廣泛機械化可以使土壩的建

築速度變得很快。例如十年前建造謝爾巴科夫水力樞紐站時（這個工程中有三分之一以上的土工是用水利機械化法完成的）每晝夜填築土壤的份量達二萬立方公尺，亦即說在一晝夜時間裏所填築的土壤堆起來就可以建成一個目前在蘇聯乾旱區域供形成水池和蓄水池用的那種壩。

目前應用蘇聯造的新的挖土和運輸機器可以使我們在一晝夜內堆築十五萬土方，用鐵路運送這樣多的土每晝夜至少需要裝卸一萬五千個車廂。

巨型土壩之一目前正在蘇聯南部建造。此壩高達 76 公尺，其堆築部分的體積為一千五百萬立方公尺。這個壩所形成的水庫容積將等於 17 立方公里，這時水庫的水面面積將等於 680 平方公里。這個壩替工業供電和灌溉創造了必要的條件，它可以灌溉 150 萬公頃目前尚未被利用的土地，此外它可以使我們通過河流的逕流控制預防下游的水災和產生沼澤，因而並改善那一個區域的衛生和健康條件（因為繁殖瘧蚊的源地被消滅了）。

土壩一般都是不過水的。為了避免水庫在洪水時期過滿起見，在土壩旁造有專門的溢流道。圖 12 所示為水力樞紐站建築物的平面圖，其中有土壩、溢流道和把水引向灌溉幹渠的輸水洞。

附屬於土壩的溢流建築物可以裝有閘門（圖 13）或不裝閘門。在後面的情況下，溢流建築物的頂設到正常壅水位

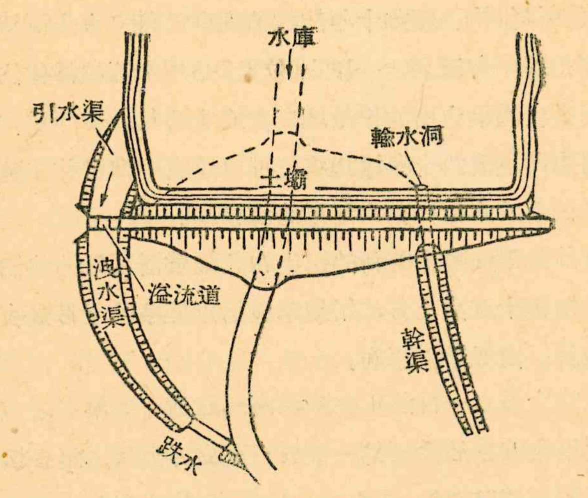


圖 12 土壩及附屬建築物的平面圖解

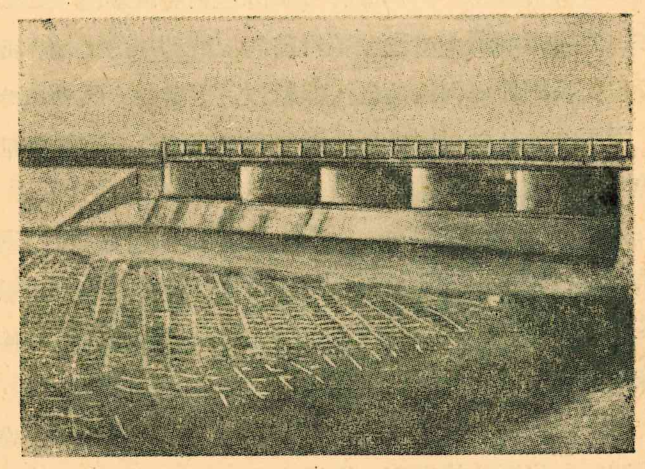


圖 13 土壩上具有弧形閘門的溢流道（從下游一面看）

處，當水庫裏的水位高出正常壅水位時，水就開始自動溢過溢流建築物頂，一直到水庫裏的水位退降落到其正常位置為止。

如果溢流建築物設置得比排水河槽的底要高得多，則在洩水渠中還必須造一些附加建築物——所謂跌水或陡坡，水可以用較高的速度從它們上面往下流。前面圖 5 所示為伏爾加河左岸地方某一土壩的溢流道陡坡過水時情況。

按照斯大林改造自然計劃而進行的集體農莊蓄水池的大規模建設，需要建造好幾萬個壩。在這種大規模的建設工程中，工地的就地取材（土壤、石塊、梢料等）以及溢流建築物結構的標準化有着巨大的意義，後者可以使我們能在專門的工廠裏製造這些結構物的各別部件，祇要把它們拿到工地裝配起來就成功了。

當土工還沒有機械化的時候，即使造一個集體農莊蓄水池的壩也需要花幾千個工日的勞動力。而目前，堆築一個中等大小的壩是由幾個人所組成的小隊（配備 2—3 部拖拉機曳引的鏟土機）來進行的，一共祇要 1—2 個星期就可以造好。

堆石壩　壩身由堆石做成的壩叫做堆石壩（圖 14）。

在石頭很多且離開交通綫很遠的地區（河流的山區）堆石壩建造得最廣。這種壩通常是不過水的，祇有專門造有牢固的溢水邊坡（下游）的矮壩才允許水越過壩頂，因為沿着不牢固的邊坡下滾的水會把石塊帶出，並淘刷壩下游部分的地

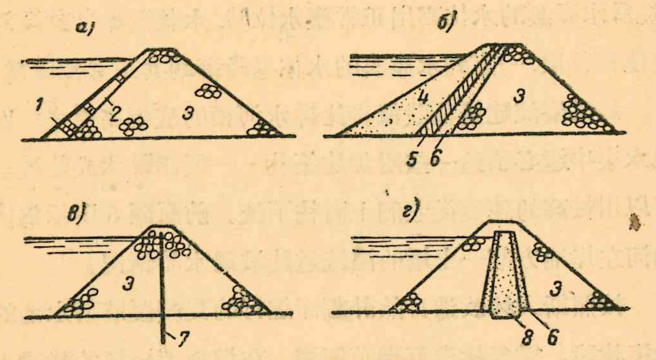


圖 14 堆石壩的類型

1—剛性斜墻；2—斜墻下的舖砌；3—堆石；4—覆蓋土
5—塑性斜墻；6—倒濾水層；7—隔膜；8—塑性心墻

基，最後可以使壩塌毀。

堆石做成的壩，其橫斷面為梯形，堆石壩的邊坡可以比土壩的邊坡較陡一些，平均對水平綫的傾斜為 25° 到 65°。

用來造堆石壩的石頭必須是很堅牢的，在水、風和冰凍的作用下要不致損壞。能達到這種條件的主要是火成岩（花崗岩、正長岩、閃長岩等），其次是沉積岩（緊密石灰岩、砂岩）。

石塊愈大，則邊坡可以愈陡。壩身中的石塊要選配得使壩中心的石塊為最小，愈靠近邊坡和壩基則愈大，重達數噸的石頭放在下游坡面或壩底處。

壩身中的石塊要堆置得很密實。為了使堆石密實起見，通常是從高 6—25 公尺的棧橋上往下拋石。也有實驗用爆炸

破壞峪岩坡的方法來建造堆石壩的。此外，大石塊與大石塊中間的空隙是應用水力冲射機將細石塊冲進去填補的。堆石壩壩體中的空隙不應超過壩體總體積的 35—40%。

為了保證堆石壩的不透水性起見，和土壩一樣，在堆石壩裏面也用不透水性材料造斜墻、心墻和隔膜（圖 14 а, б, в 和 г）。近年來以剛性材料如混凝土，鋼筋混凝土，木材和金屬做的斜墻應用得最廣泛。以塑性材料做成的斜墻設置在預先舖好的砂層上（圖 14 б），以剛性材料做成的斜墻設置在乾的砌石層上（圖 14 а）。

很少用粘土的塑性心墻（圖 14, г）或鋼筋混凝土的剛性隔膜（圖 14 в）來作為防滲設備，因為檢查它們的不透水性或修理起來時都很困難。此外，對於具有心墻或隔膜的壩比起斜墻壩來需要有更平緩的邊坡才能保持穩定，因此所需要的土工體積也要多些。

也可以造一種叫做**半堆石壩**的壩。這種壩的上游部分是用乾砌石做成，下游部分則用堆石做成（圖 15 а）。在半堆石壩的上游邊坡上也設有斜墻，圖 16 所示為建造半堆石壩木斜墻的情況，圖上木頭搭成的構架以後將用木板包起來。

有時整個壩身都用乾砌石造成，這種壩的邊坡比堆石壩要陡（圖 15 б）。用乾砌石做成的壩其體積比普通堆石壩要小得多（達 40%）。

堆石壩也可以同時應用土壤來建造，這種壩稱為**混合壩**

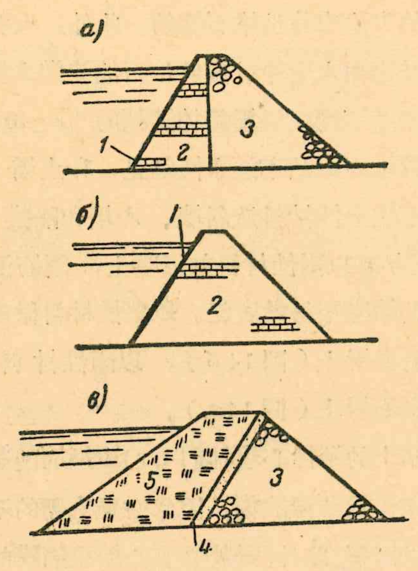


圖 15 半堆石壩及乾砌石壩的型式

1—剛性斜墻；2—乾砌石；3—堆石；4—倒濾水層；5—塡土

（圖 15 в）。混合壩中的土壤係塡築在上游一面，它在那裏應起斜墻的作用，這時堆石是起支承三稜體的作用。

在河上築混合壩時，可以不造用來圍護施工地點的圍堤，這時先往流水中拋石，當拋下的石塊形成支承三稜體後再在它上游一面塡加土壤。

爲了能夠建造容許水流滾過壩頂的堆石壩起見，蘇聯學者研究出許多加固這類壩的下游邊坡的特殊結構。H. П. 布壽林斯基教授研究水流對堆石邊坡的作用後，提出了一個具

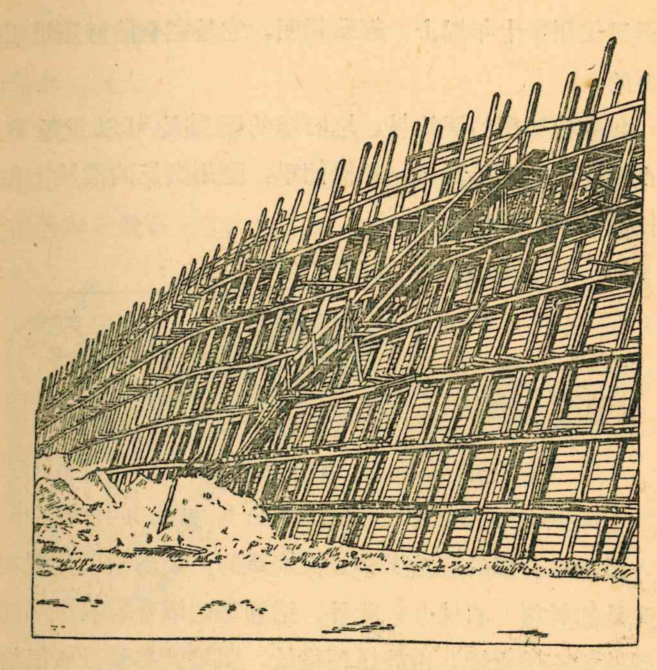


圖 16 建造半堆石壩的木斜墻

有特別意義的建議。這個建議的內容是如何選配下游邊坡的石塊，使得在這種選配下冲刷作用變爲安全。

在阿爾泰山某條河流上造的高 10 公尺的壩是滾水堆石壩的一個例子（圖 17）。它是由砂質粘土的上游部分和拋石的下游部分所組成。壩下游部分的表面上設有木籠——用木頭做成的框架，中間塡有石塊。這些木框架外包有木板，木板與木板間留有空隙。壩的心墻是用塊石做成的一道墻。這

個壩已使用了十年以上，經驗證明，它是完全能够滿足工作需要的。

和其他類型的壩比較，堆石壩的優點是可以就地取材（石塊），地震時穩定，結構簡單，應用廣泛的機械化在全年任何時候都可以施工。

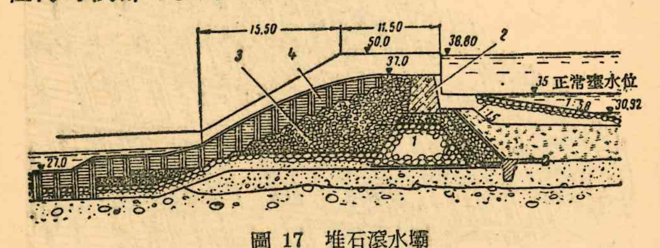


圖 17 堆石滾水壩

1—乾砌石三稜體；2—塊石混凝土；3—抛石；4—木架框

但是堆石壩的建造工作是很繁重的，因為需要採掘和運送大量的材料（石塊），此外，這類壩的壩身容易沉陷而破壞斜牆的不透水性，由於這個緣故，斜牆就必須做成很複雜的結構。

混凝土壩和石壩 用混凝土及漿砌塊石造的壩分成兩大類：一類是大體積壩或重力（由拉丁字 gravitas——"重力"而來）壩，另一類是拱壩。

壩所造成的水頭愈大，則它所承受的水壓力也愈大，後者力圖把壩顛覆，或使其沿水流方向移動。

重力壩本身的重量很大，這個重量是抵抗水壓力的主要力量。當然，壩愈重則愈難將其顛覆或使其移動。阻止重力壩

移動的力是壩底和地基間所產生的摩擦力，它隨着壩的重量的增加而增大。

重力壩的重量很大，使壩對於地基產生很大的壓力。由於壩把作用在壩上面的水壓力傳遞到地基上之故，壩對於地基上的壓力就更大了。為了能承受這樣巨大的荷重起見，重力壩的地基就必須很牢固，因此，水頭在 25 公尺以上的高壓壩係造在岩質地基上，地基的牢固性應隨壩的增高而增大。

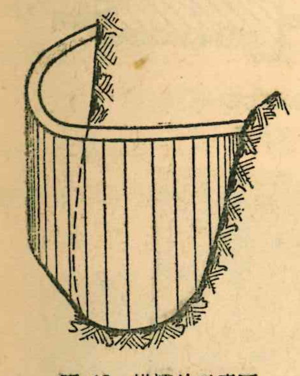


圖 18 拱壩的示意圖

拱壩在水平面上具有拱的形狀（弧形）。拱壩所承受的水壓力不是像重力壩那樣傳到地基內土壤上，而是傳到河岸上（在很少的情況下是傳到壩墩上），圖 18 所示為拱壩的普通形狀。

重力壩的結構。重力壩有不過水的，也有滾水的（圖19）。

不過水重力壩的橫斷面（圖 19a）好像是一個直角三角形。

滾水重力壩的橫斷面（圖 19б）通常是成梯形，具有垂直或略傾斜的上游面以及外形光滑（符合滾過水流的形狀）的下游面。

圖 20 所示為溢過低滾水壩的水的運動。

目前重力壩都用混凝土來建造，很少用漿砌塊石，因為

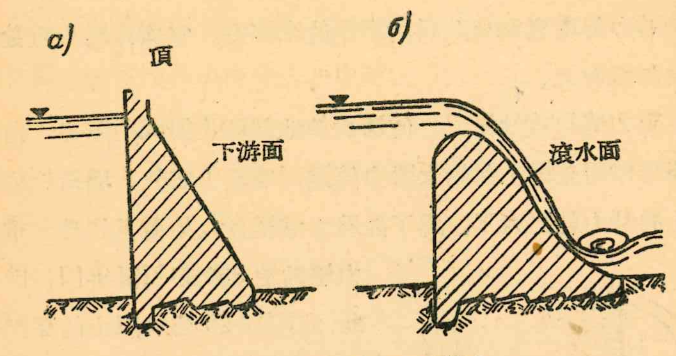


圖 19 混凝土重力壩的型式

a—不過水壩；б—滾水壩



圖 20 水溢過低滾水壩的情形

用混凝土可使整個築壩工作機械化，並可保證更高的施工速

度及更好的工程質量。

在過去所造的石頭重力壩中可以拿來作為例子的是頂上裝有閘門的石滾水壩——薩特卡河上的所謂門檻壩，此壩高達 21 公尺。圖 21 所示為從下游河段看該壩的外貌。

混凝土重力壩有很大的高度。例如蘇拉克河上的一座壩高約 230 公尺，錫爾河上的一座壩高約 200 公尺，它們都有着特別的意義。

以 B. И. 列寧命名的第聶伯水電站上的壩可以作為混凝土重力壩的例子。第一個斯大林五年計劃中的第聶伯水電站建築工程是當時最難的一個技術任務。這個壩係造在岩質地

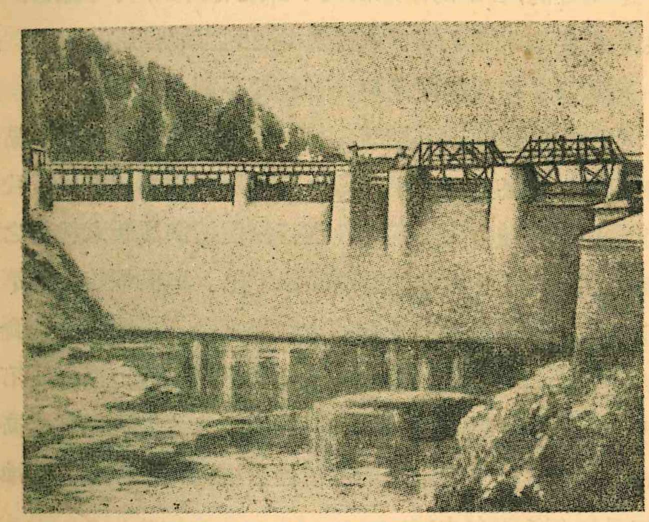


圖 21 砌石壩，從下游河段看

基上，在開頭幾年所承受的水頭達 39 公尺。這一個壩的橫斷面表示在圖 22 上。

澆築第聶伯水電站壩身的混凝土總體積約爲七十六萬立方公尺。壩在兩岸墩間的長度爲 760 公尺（壩在平面上的形狀爲向上游河段凸出的弧形）。壩底的最大寬度爲 40 公尺。滾水部分高出河底的最大高度爲 42 公尺，大約等於十二層樓的高度。滾過壩頂的水層最大厚度爲 9 公尺。壩被許多壩墩分成 47 個跨度，每一跨度間的淨長爲 13.6 公尺。在滾水壩頂上裝有利用起重機升降的平板閘門，起重機可沿專門的橋順着整個壩移動。壩的滾水面成曲綫形，其形狀是經水工模型試驗確定的，在壩的滾水面的下部造有特別的"挑水鼻"，依靠它把從滾水壩上流下來的水拋開到離壩很遠的地方，這樣一來壩的地基就得到保護，不致被冲刷。

在偉大的衛國戰爭期間，德國法西斯侵略者破壞了第聶伯水電站。但是當蘇軍剛從敵人手裏解放這個地區後，我們就立即採用各種方法極迅速地進行修復這個被斯大林稱之爲我國人民的創作和驕傲的第聶伯水電站。在很短時間內第聶伯水電站的壩和其他建築物的大批淤體就都被清除。蘇聯人民的創造性的，斯達哈諾夫式的勞動不僅很快地恢復了第聶伯水電站，而且把它修造得更好，同時壩的水頭也稍爲提高，因而可以使我們把水電站的發電能力增大，可以更充分地利用第聶伯河的潛在水能。

當建造混凝土重力壩時，提高地基的强度和不透水性以及改善混凝土質量的問題具有巨大的意義。

岩石在大多數情況下是有裂縫的，有時幾乎用肉眼可以看得出來，這些裂縫是滲透水通過的道路。爲了減小滲透起見，要在壩底下面的地基內進行灌漿，這時是用巨大的壓力把水泥漿壓到壩基的專門鑽孔中使水泥漿充塡於地基內的裂縫內並凝固起來。例如第聶伯壩基的水泥灌漿一直深入到離壩底 30—35 公尺的深處。

我們非常注意重力壩混凝土成分的選擇（通常對其他一些水工建築物也是一樣），混凝土要是最經濟而又是最牢靠的。在規模巨大的建築工程中，一定要設立專門的試驗室，在試驗室裏根據混凝土原料的品質確定混凝土的必要成分。這種試驗室同時又經常檢驗混凝土的質量。例如在莫斯科運河的建築工程中，曾進行了一千八百次以上混凝土中各種不同石料試樣的試驗，僅僅在建築工程的一個中央試驗室裏就曾試驗了七千多個水泥試樣，所有這一切都是爲了確定混凝土的成分，使其符合於各方面的要求，如强度，不透水性，耐寒性等。

爲了避免因混凝土收縮及其中溫度發生變化（當壩體夏季膨脹及冬季收縮時）而產生裂縫起見，壩體被分成各別的塊體，塊體與塊體間的縫要保證不透水。

爲了排除透入混凝土壩體及壩底下的水起見，在壩中開

有排水井，水從排水井進入檢查廊道，然後進到下游河段（圖22）。

建造重力壩需要大量的建築材料，特別是水泥。和其他類型的壩（拱壩和鋼筋混凝土壩）比起來，重力壩壩身的體積要大到 1.5—3 倍，因此在難以得到混凝土必要製備材料的遙遠地區，採用重力壩並不一定適合。但是，對於最巨型的建築物而言，保證它們的强度和耐久性比所有其他與工程有關的事項都更重要。在耐久性和强度方面混凝土重力壩比其他類型的壩具有許多的優點，因此目前在大的河流上混凝土重力壩造得很多。

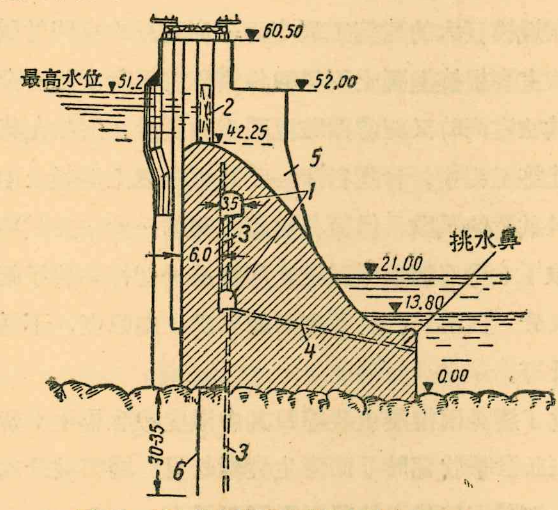


圖 22 頂上裝有閘門的混凝土壩的橫斷面
1—檢查廊道；2—平板閘門；3—排水管；4—出水道；
5—壩墩；6—灌水泥漿的孔井

偉大共產主義建設工程中所有的滾水壩——古比雪夫壩，斯大林格勒壩，卡霍夫卡壩及塔赫亞-塔什壩都將用最堅固耐久的材料來建造，其中以混凝土佔首要地位。

拱壩的結構。 拱壩的橫斷面（圖23）決定於其高度及峽谷的外形。隨着峽谷的增寬，拱的半徑就增大，拱的半徑一增大，被傳遞到岸上的水壓力就減小，被傳遞到壩基上的水壓力就增加。造於狹窄峽谷中的拱壩水壓力整個都傳到岸上，因而可以使壩的尺寸造得最小。

圖 23 拱壩的橫斷面

和重力壩相比拱壩的最大優點是壩身的體積較小，另外拱壩的結構輕巧而有彈性，能很好地抵抗地震，這些也是它的優點。

拱壩幾乎都是不過水的，很少有滾水的拱壩。

以往所造的拱壩最大高度達 100—130 公尺。在我們蘇聯，拱壩是爲了在高加索及中亞細亞山區河流建立水庫而設計建造的。

當建造拱壩時在壩的下面要造一座混凝土齒墻以防止滲透（在峽谷斜坡上及河槽中挖溝然後澆入混凝土）。此外必

須在混凝土齒墻下進行地基的混凝土灌漿。

拱壩橫斷面的必要尺寸是根據專門的計算確定的，比計算重力壩要複雜得多。計算拱壩之所以複雜是因為在計算時必須考慮到很多影響拱壩穩定性和强度的條件，這些條件中除了必須考慮水壓力和地基强度外，還必須考慮溫度的影響，混凝土收縮的影響，拱與河岸聯結的牢靠性等。近年來蘇聯學者研究出了計算拱壩的精確方法，應用這些方法可以把所有這許多繁雜的條件都考慮進去，擬定出最合理和可靠的橫斷面尺寸。

鋼筋混凝土肋墻壩 肋墻壩的水壓力是由專門的迎水蓋面承受而傳遞到肋墻上，肋墻再把水壓力傳於地基。

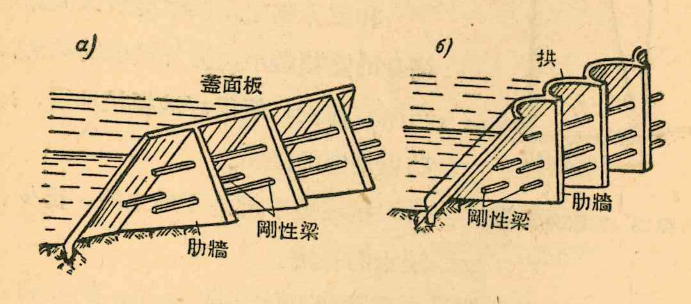


圖 24 鋼筋混凝土壩示意圖

a—肋墻平板壩； б—連拱壩

圖 24 a 所示為鋼筋混凝土肋墻壩的一般形狀。支座或肋墻在垂直平面上成三角形或梯形。迎水蓋面係由許多鋼筋混凝土平板或拱形板組成（圖 24 б），在後面的情況下叫做連拱壩。為了使肋墻在水壓力下不會向兩面彎折起見它們彼此用水平的鋼筋混凝土剛性梁撑住。

當用平的迎水蓋面時每隔 4.5—6 公尺設一肋墻，在其他情況下則隔 8—10 公尺。當迎水蓋面是拱形時，肋墻與肋墻間的距離增達 12—18 公尺，有時甚至到 25 公尺。

在非岩質土壤上建造肋墻壩時，為了使土壤上所受的壓力分佈得更均勻起見，在肋墻下設置整體的基礎板。在非岩質土壤上可以建造水頭在 15—20 公尺以下的肋墻壩。當水頭很大時肋墻壩祇建造於岩質地基上。建造肋墻壩所花費的混凝土比建造同樣高度的重力壩要減少$\frac{1}{3}$到$\frac{3}{4}$。但是用來建造肋墻壩的混凝土必須要質量很高，要具有不透水性，耐寒性以及耐風化和耐水內所含礦物酸的性能。為了保護混凝土不受水的破壞作用起見，肋墻壩的迎水面用隔離材料（瀝青等）塗蓋。

在嚴寒的條件下（例如在極圈附近）為了保護混凝土不受凍，除了應用耐寒混凝土及在迎水面用專門的隔離物覆蓋外，在迎水蓋面下做一道木板的防冷墻並預先考慮到此墻和迎水蓋面空間內的人工保暖。

最初的肋墻壩把迎水蓋面造成垂直墻的形式，但是這種壩由於本身重量很小故對水的剪壓力的抵抗性很差。應用傾斜的迎水蓋面（與水平綫成 40°—60° 角）可保證肋墻壩有較好的穩定性，因為傾斜迎水蓋面上所受的水壓力有一部分

已經替代了壩的不足的重量，並且增大了地基內的抗剪摩擦力。因此，傾斜迎水蓋面的應用幫助肋墻壩得到更大的推廣。

由塊石砌成的連拱壩是具有平迎水面的肋墻壩的雛形，前者的迎水蓋面具有垂直圓柱拱的形狀。具有斜拱的連拱壩是從十九世紀末開始建造的。應用了新的建築材料——鋼筋混凝土（它與砌石不同，不僅能承受壓力而且能承受拉力）後，使我們可以把迎水蓋面做成平的形狀。工程建築技術的進一步改善使我們可以把迎水蓋面做成較複雜的形狀，例如圓屋頂的形狀。

鋼筋混凝土壩在大多數情况下是不過水的，過水的鋼筋混凝土壩很少。

1937 年在阿雷斯河上造的鋼筋混凝土壩與普通型式的鋼筋混凝土壩不同，圖 25 是這一個壩從下游一面看的外貌。這一個壩的特點是它沒有上游迎水板，上游迎水板的作用由

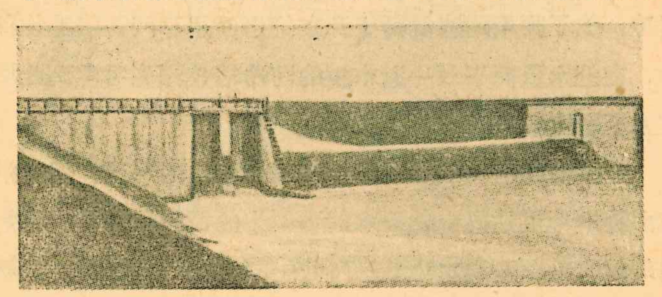


圖 25　鋼筋混凝土滾水壩。從下游河段看

下游傾斜板來担當。這種型式的壩其穩定性比普通型式的壩要高，因為水壓力是分佈在整個壩基上。這種壩的缺點是下游迎水板在水壓力作用下力圖脫離肋墻，因而可能會引起裂縫。

鋼筋混凝土壩可以應用在當地缺乏建築材料且運輸不便的地方。隨着預製建築的發展，鋼筋混凝土壩也可以得到廣泛的推廣，這時所有的構件先在專門的工廠裏製好，在工地祗是進行現成構件的裝配工作而已。

木壩　我國造有很多的木壩，其中有一些木壩的結構是很獨特的。普通建造木壩是為了造成水頭，因此它們屬於壅水壩，不過它們也可以用來形成不大的水庫。

木壩幾乎總是造成滾水型的，壩檻上裝有閘門或不裝閘門。分佈得最廣的是造成水頭 5—6 公尺的裝有閘門的壅水壩。

圖 26 所示為裝有閘門的木壩結構。被壩所攔斷的河槽用壩墩（圖 26 上祗表示有一個壩墩）分成寬 4—8 公尺的跨度，跨度的大小是根據水頭的高低而定，最邊上的兩個跨度大小則受到壩座的限制。在每一個跨度中間還要設附加的中柱，柱與柱間的距離為 0.8—1.5 公尺，柱上並製有閘板槽。這些中柱是做成活動的（由直徑 25—40 公分的一根木頭做成），當冰塊通過的時候可以移開。在水頭高出 2.5—3 公尺時中柱上要加斜撑。

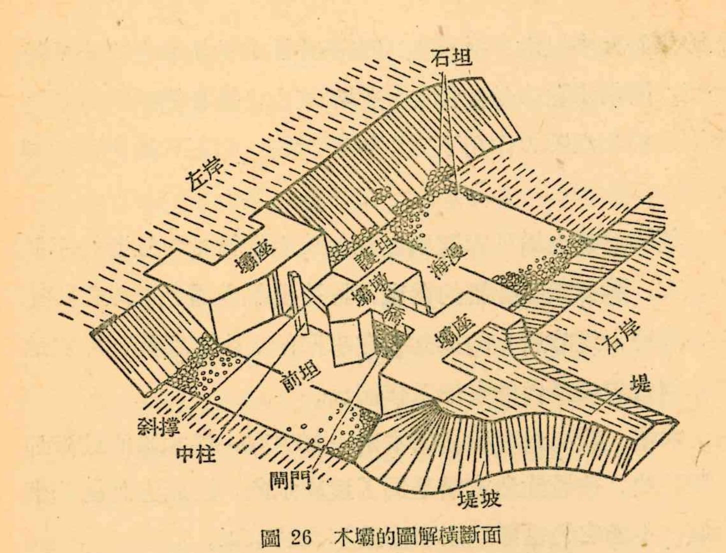


圖 26 木壩的圖解橫斷面

木壩的壩基（檻）、壩座和壩墩的結構有好多種。

當壩檻的高度不大時，可以有樹墊壩檻，樁壩檻，樁木籠壩檻及木籠壩檻幾種。

樹墊壩檻用新砍的帶有枝葉的許多細樹（祇需把最粗的樹枝砍掉）做成，樹的直徑不大，它們鋪放在預先挖好的基坑內，樹梢向着上游河段（樹桿順水流放置），並用糙橛壓入地基內土中。樹墊層厚度爲1—1.2公尺。在檻的護坦部分放有橫木，上鋪木板。在檻的前坦部分的樹墊上鋪一層粘土，粘土上鋪一層乾樹枝。樹墊同時也作爲岸墩的地基。

大多數的樹墊壩是在十八和十九世紀造磨坊時建造的。這種壩的簡單結構適合於當時的技術條件。當洪水通過時這

種壩的樹墊有一部分被冲壞，因此必須每年修理。這種壩由於通過壩基滲走的水量很大，故增加了水庫內水量的消耗，並需要經常去視察壩的情況。

較完善的木檻結構是樁結構和木籠結構。當建造樁壩檻時往土壤中打入深3—6公尺的圓樁，樁與樁之間的距離從1.5到2.5公尺。除了樁以外，往土壤中打入板樁牆（樁排）：第一排打在前坦開始的地方，第二排打在閘門的位置綫上。沿閘門位置綫的樁排是主要的，稱爲"王牌"樁排。當壩基內的土壤透水性很小時，祇要打一排王牌樁就够了。

祇有在土壤可以打樁的情况下才有可能建造樁壩檻，當土壤不能打樁時（礫石土，岩質土等）是應用木籠來建造壩檻的。這種木籠就是用木頭做成的框架，中間塡有石塊和土壤。當壩檻離河底的高度超過1—1.5公尺時，也應用木籠。

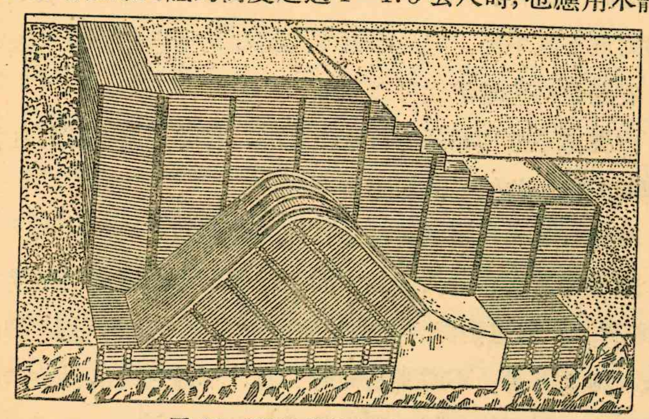


圖 27 用斜木籠做成的壩的模型

這時如果土壤可以打樁的話，那末將木籠放置在齊河底平面截去的樁上，這種檻叫做樁木籠檻。

如果要建造壩檻高度在5—6公尺以上的木滾水壩，那祇能是造在良好岩質地基上的木籠壩。在以斯大林同志命名的白海-波羅的海運河上曾造了一些用斜木籠做成的木滾水壩。這些壩的結構是蘇聯首先研究出來的，其中有一個壩的高度達到12.9公尺。圖27所示爲這個壩的模型。

木壩的前坦部分是由不透水的砂質粘土或粘土（另加礫石或粗砂）墊組成，在土墊上舖兩排底板。底板係釘在樁頂上面的擱柵上，或釘在木框的上部木頭上。

在樁壩檻、樁木籠壩檻及木籠壩檻的護坦部分，要在保證壩檻不透水性的加重土壤上面舖一層木板。在木板與加重土壤之間用礫石、碎石和粗砂做一濾水層防止透過木板縫的水將加重土壤冲走。對於水頭不大的壩其護坦部分做成透水的，使壩基中的滲流水可以通過。

海漫部分是用編籠塊石來保護的，有時是用平板釘在樁頂擱柵上或用其他形式的護面來保護。

木壩的壩座和壩墩的結構有好幾種類型。

應用得最廣和最久的是木籠型結構。木籠壩座的結構如圖28所示。木籠結構的特點是使用時牢靠，比其他結構壽命長，施工簡易，不需要熟練的工人。不過它所消耗的木料數量很大，因而使它們的應用受到很大的限制。

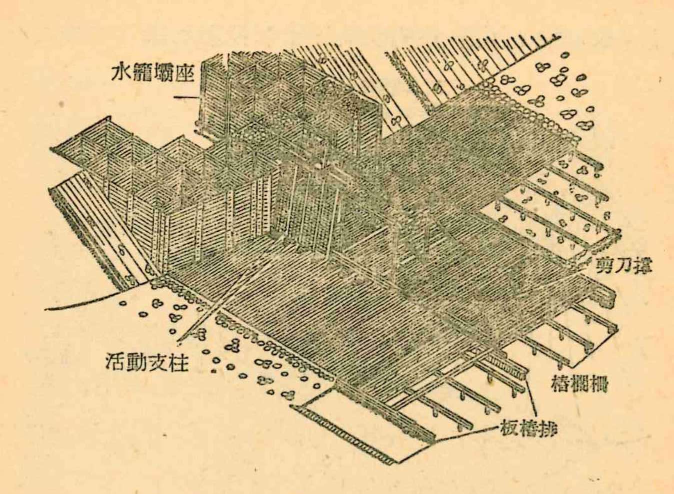


圖28 具有轉動桁架的樁基上的木籠壩

還有一種是墻壁形狀的樁壁結構及柱壁結構，它們是由許多釘有水平板的樁或柱做成。樁壁結構及柱壁結構比木籠結構所需要的木料要少（大致要少30—40%）。此外，造樁壁壩座時可以節省土方，因爲它所需要的土坑（基坑）比造木籠壩座時要小。這種結構的缺點是板壁與樁或柱的接合工作較困難，且必須仔細壓實壩座後面的填土，因爲土壤從壩座墻後冲出以及壩座墻的腐爛常常使壩發生事故。

柱-撐結構——由附有撐木，縱向及橫向繫木的柱或樁做成（圖29）。柱-撐壩墩相互間的距離是3—4公尺。爲了避免它們被冰或漂流物冲毀以及使它們能具有較大的剛性起見在它們兩面覆以板壁。當壩座與河岸連接時，壩座中的

撑柱支承着主（王牌）板樁排上面的不透水墻。

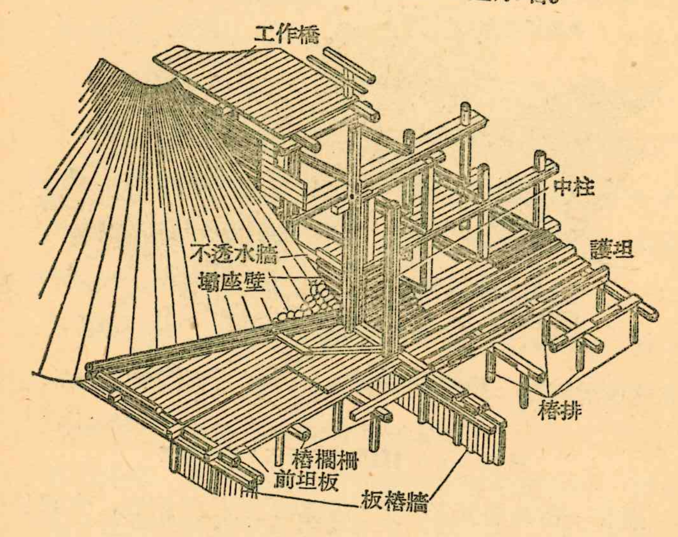


圖 29 柱-撑木壩

建造柱-撑結構比建造木籠結構大約要少用 50% 的木料，比建造樁壁結構大約要少用 25—30% 的木料。不過這種結構的應用是受到限制的，當水頭高於 2.5 公尺時就不能應用這種結構，因為它們不能承受大的水壓力，不能很好地與河岸連接，此外，當採用這種結構時，很難建造不透水的墻。

木壩還可以造成沒有壩座的，這時在岸坡上設置傾斜的前坦及護坦來代替壩座。圖 30 所示就是沒有壩座的木壩外貌，為了支承閘門起見在這種壩上置有活動的柱子。沒有壩

座的活動壩可以承受 2.5 公尺以下的水頭，造這種壩比造具有木籠壩座的壩要少用一半木料。

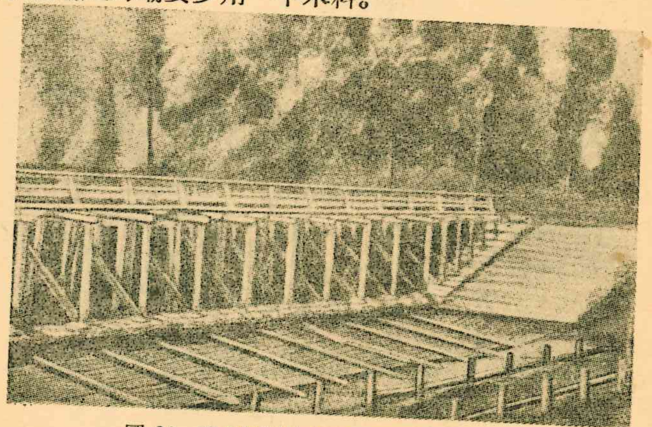


圖 30 沒有壩座的木壩。從下游河段看

圖 32 和 33 所示為具有金屬轉動桁架的活動壩。

木壩在一年四季內都可以建造。木壩的各種構件的標準化使我們可以用機械化的生產方式來製造它們，這樣就大大簡化施工組織並加快施工的速度。

但是木壩的壽命是不長的，由於木材會腐爛，故木壩的平均壽命如不經大修則不會超過 15—20 年，因而就使木壩的應用受到了限制。

為了增加木壩的使用期限，可在用來造壩，特別是造承受週期性潤濕部分（例如底板，墻等）的木材上面塗上焦油或者是塗浸一種防腐混合劑（通常其中包含幾阿蘇油、機油及其他石油製品）。

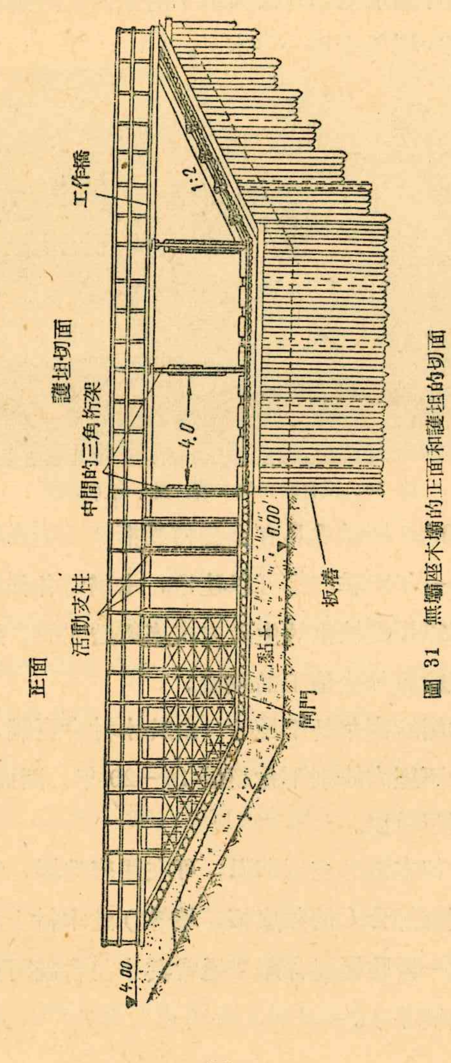


圖 31 無壩座木壩的正面和護坦的切面

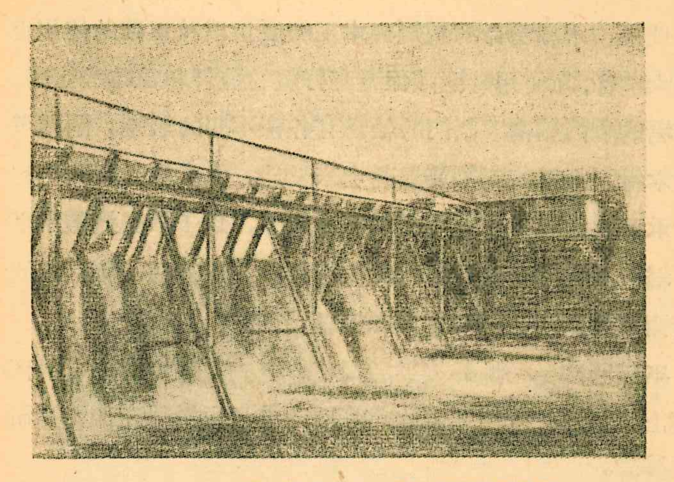


圖 32 具有金屬轉動桁架的木壩。從下游河段看

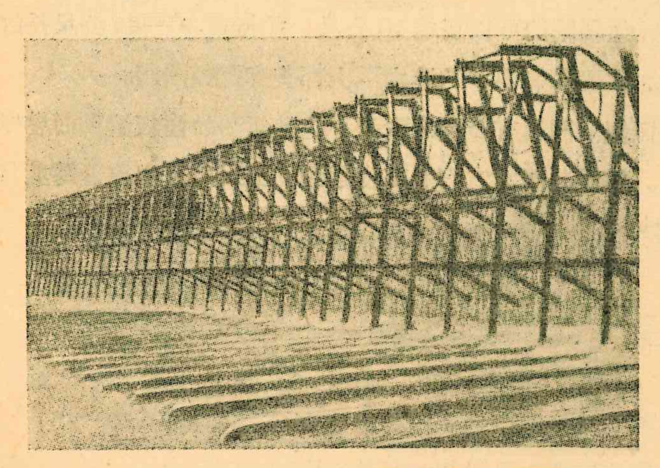


圖 33 具有金屬轉動桁架的活動壩。從下游河段看

此外，木壩壽命的長短與木工的質量以及正確的使用也有很大關係，在使用時應該保證有仔細的監督和及時的修理。

壩的閘門結構 閘門的結構有各種不同的類型。閘門可以用木材、金屬甚至鋼筋混凝土來製造。大多數的閘門把它們所承受的水壓力傳遞到壩墩和壩座上，為了承受這種水壓力，壩墩和壩座中造有專門的支承部分。屬於這一類閘門的有所謂平板閘門、弧形閘門和圓輥閘門。

平板閘門是一塊外表平的閘板。它們在壩墩和壩座的門槽內上下移動。閘門可以依靠專門的輪子或滑輪在門槽裏滑動或移動。

平板閘門應用得最廣，因為它們結構簡單，照料及修理都很方便。應用得最多的是一種依靠輪子在槽內移動的平板閘門，這種閘門可以高達 18 公尺，並掩蓋 40—45 公尺長的跨度。在蘇聯有很多的滾水壩上都裝有這種閘門。

圓輥閘門具有管狀的斷面，它沿傾斜的齒板滾動而啓閉壩孔。這種閘門當它們的高度達到 9 公尺時可以掩蓋跨度為 40—45 公尺的壩孔。

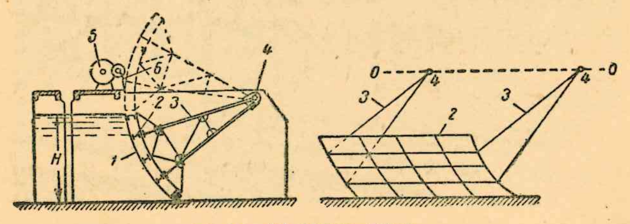
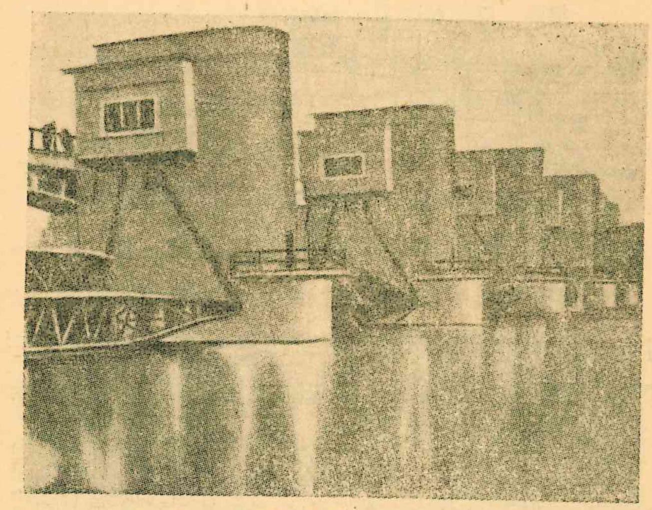


圖 34 弧形閘門示意圖

弧形閘門（圖 34）具有曲綫形蓋面板 1，它加固在骨架 2 上，骨架支靠在稱為腿架的兩根桁桿 3 上，這些腿架固着於壩墩上的樞軸 4，並可以繞水平軸 0—0 旋轉。閘門的升降係依靠鉸車 5 及吊索 6 進行的。弧形閘門的蓋面板及骨架有用木頭做的（當閘門尺寸不大時），也有用金屬做的。


圖 35 裝有弧形閘門的壩。從下游河段看

在蘇聯所造的很多壩上裝有弧形閘門。圖 35 所示為某一個裝有弧形閘門的壩的外貌。

當弧形閘門的高度為 5—6 公尺時，它所掩蓋的最大跨度達 36 公尺。

有一類閘門它們不是把壓力傳到壩墩和壩座上，而是傳到壩檻上，這類閘門中應用得最廣的有屋頂式閘門和扇形閘

門，這兩種閘門是在水壓力下自動升降的。在活動壩中應用的轉動桁架也屬於這種類型的閘門。閘門的升降機械有固定的和活動的兩種。

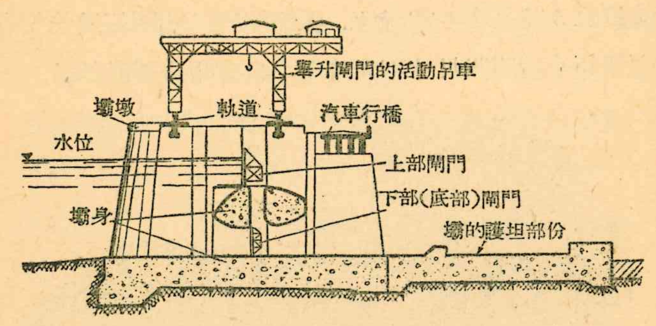


圖 36 裝有活動吊車的壩的縱斷面

活動吊升機械可以管好幾個跨度中的閘門。活動吊升機械中包括吊車和活動鉸車，它們沿順舖於壩上的軌道移動。圖 36 和 37 所示爲設於伊凡諾夫壩上用以吊升閘門的活動吊

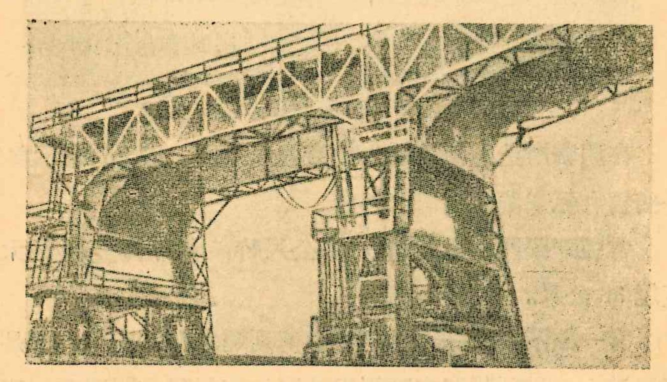


圖 37 吊升混凝土壩閘門的吊車

車。這部吊車的舉重量爲 300 噸，它可吊升壩的任意跨度中的下部（底部）閘門和上部閘門。吊車的重量爲 800 噸，它的機件是用 50 輛鐵路貨車運到壩上來的。

裝有閘門的多孔壩它們的護坦部分和海漫部分的合理結構是通過用不同的閘門啓閉方案作模型試驗而得出來的。圖 38 所示爲水工試驗室中多孔壩的模型試驗。

根據壩的用途的不同以及許多天然條件的不同（例如大水時水庫中水位上漲的時間，流冰的時間和強度，河中的漂流物等）壩孔的開啓需要有一定的程序，同時這些壩孔可以部分開啓或完全開啓。壩孔的開啓程度要配合下游河段中的水流情況，當下游河段中流量和流速過大時會發生冲刷或使護底和護岸發生損壞。

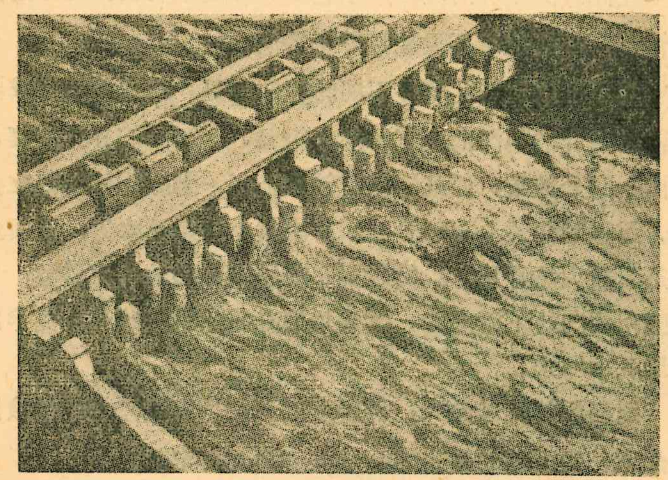


圖 38 壩的模型過水

試驗室的研究使我們有可能確定一種閘門的開啓程序，這種程序在配合河流天然情況及使用要求方面都是最合適的，同時又是能保證建築物最大安全的。

對大多數的水電站壩而言，主要的要求是當大水通過時，壩要能承受保證水電站最大發電量的最大水頭。當大水通過這種壩時，應注意使上游河段中的水位儘可能保持其容許限度內的最大高度。可是當洩放冰塊時通常須要把壩孔完全開啓（由於冰塊會損壞閘門），這樣往往會使上游河段中的水位降低，因爲在放走冰塊時會同時放掉很多的水。我們必須使一部分壩孔全開，另一部分壩孔全閉，或祇開到閘門不致被冰塊冲毀的程度。

在泥砂很多的河流裏，壩孔的開啓程序取決於泥砂的排洩情況，必須使壩不致被泥砂所淤沒。

爲了可以使壩孔開啓不同的程度起見，採用一種合成閘門，這種合成閘門由上下兩部分組成，上面一部分特別輕，下面一部分較重，而且體積也較大，每一部分都可以獨立移動。這種閘門的上面部分是用來洩放小流量及冰的，下面部分是洩放大流量用的。當需要冲洗堆積在壩前的泥砂時，也是應用閘門的下面部分，這時是用高流速水流將泥砂從半開的壩孔中冲走。

通過壩的流量愈大，那麼下游河段中出現冲刷的危險性也愈大，因而壩的護坦部分愈需要加固得牢靠。

三　偉大共產主義建設工程中的壩

偉大的共產主義建設工程完成後，我國工農業的動力基地將大大增加，將有廣大面積的土地得到灌溉和引水，並將替水路運輸的發展創造新的最大的可能性。

正在我國實現的水利工程建設計劃具有很深遠的科學預見性。這些計劃中規定要利用蘇聯豐富的水源同時爲動力、灌溉、給水和航運服務。水利資源的這種綜合利用祇有在蘇維埃社會主義國家裏才有可能。在資本主義國家裏由於不同經濟部門資本家之間的利益矛盾，甚至當建造巨大的水力樞紐站時亦很少考慮利用河流來解決好幾方面不同的經濟問題。例如在埃及的阿蘇安壩，雖然在它的週圍缺少電能，雖然這個壩完全有可能供造水電站之用，但築這個壩的目的却只是爲了灌溉。至於這個區域內的電能則是用火力發電站來供應的，火力發電站用的煤要從其他國家運來。所以不造水力發電站的原因是因爲那樣一來要影響到火力發電站公司的利益。

在美國大約祇有 20% 的灌溉壩同時設有水電站。

在蘇聯當建造水工建築物時總是同時要解決好幾個問題，而在伏爾加河、第聶伯河、阿姆河、土庫曼大運河及頓河上建造許多新的壩以後所得到的那種極大規模的水利資源綜合利用在我們也還是剛在開始。

許多新建水電站中的巨大水電站——古比雪夫水電站、斯大林格勒水電站、卡霍夫卡水電站和齊姆良村旁的水電站將使我國的發電量到 1956 年時增加每年 220 億瓩/小時。這個數目字大到什麼樣程度我們看了下面的例子就知道了，例如在 1913 年時沙皇俄國全部電力站的發電量總共祇有每年 20 億瓩/小時。

新的水電站的總發電能力在 400 萬瓩以上，它比俄羅斯國家電氣化計劃規定在 10—15 年內所應建造水電站的發電能力要大 1.5 倍。

在伏爾加河上，第聶伯河上，齊姆良村旁及阿姆河上的水利樞紐站，連同建造中的土庫曼大運河，南烏克蘭運河，北克里米亞運河及伏爾加-頓河運河可以使我們灌溉和引水給面積爲 2,800 萬公頃（28 萬平方公里）以上的土地，其中被灌溉的面積爲 600 萬公頃。我們的集體農莊在新灌溉土地上所收穫的糧食，單單小麥一樣就可以供幾千萬人食用。

偉大共產主義建設工程中的許多壩、水庫、運河和其他許多水工建築物造好後，我國的水路就將大大加長，把五海都連接起來。水路與陸路運輸聯接將一直通到卡拉-庫姆沙

漠的中心。單單伏爾加-頓河運河上面的運輸就可以使鐵路空出幾十萬個車廂。

這些就是所擬定的水利工程計劃實現以後將獲得的總的結果。

在這一建設工程中佔主要地位之一的就是壩。最巨大的壩將建造在齊姆良村旁的頓河上，古比雪夫和斯大林格勒旁的伏爾加河上，卡霍夫卡旁的第聶伯河上，塔赫亞-塔什岬旁的阿姆河上以及土庫曼大運河上。

齊姆良村旁的壩。在齊姆良區域正在建造一座水利樞紐站，其中有一長達 13.3 公里的壩。這個壩的主要用途是形成齊姆良水庫。在這個水庫中係貯積頓河及其各個支流（從河源到齊姆良村這一段）中的洪水。水庫長 180 公里，寬30 公里，水面面積超過 2,600 平方公里。水庫規定要貯水 12.6 立方公里。這一水量（認爲水庫在每年洪水時期裝滿）足够保證（甚至在旱年）從齊姆良村到羅斯托夫河段的必須深度，足够保證伏爾加-頓河運河以及灌溉渠道的不斷供水。

壩在形成水庫的同時又把齊姆良村以上河段的水位抬高 26 公尺，這樣一來，從卡拉契到齊姆良村河段的水深就能够通航海船了。目前，除了大水時期以外，在這一段頓河中不但大船不能通航，甚至連小型的船隻也不能通行。

在這一個壩的旁邊將建造一座發電能力爲 16 萬瓩的水電站。此外，在此水利樞紐站中將設一座專門的昇降魚道，魚

類可以沿此魚道自河流的下游自由溯入水庫；設立兩個閘和一條長 5.5 公里的引河可使船隻從上游河段駛入下游河段及從下游河段開入上游河段；設立一引水建築物引導水流進入頓河灌溉總渠。壩上將舖有鐵路和汽車路。

齊姆良壩將由兩部分組成：一部分是土壩（不過水的），長 12.8 公里；另一部分是混凝土壩（滾水的），長 500 公尺。

土壩的頂高出河底 30 公尺以上，而混凝土壩的整個高度則達 40 公尺，大致等於第聶伯壩滾水部分的高度。

水利樞紐站的整個建築工程需要完成 8,120 萬立方公尺的土方和 189 萬立方公尺的混凝土方並舖砌 100 萬平方公尺左右面積的石塊。此外，還要裝配 12,600 噸的金屬結構。如果用鐵路運送堆築土壩壩身所需的土壤需要 800 萬節車廂，它們可以繞地球赤道一週。

齊姆良水利樞紐站的土壩和混凝土壩工程是一個複雜的技術問題。這一座壩是造在細粒徑砂上面，在上述規定的壩高及所確定的水頭 26 公尺情況下需要有防止壩基滲漏及保證壩的穩定性的專門設施。同時還要指出，混凝土滾水壩在春汛時必須洩放每秒 20,000 立方公尺的水。這一股通過壩的雄偉水流將擁有巨大的能量。當壩基中有軟弱土壤及壩的下游河床容易被冲刷時，必須在壩的下游河段中應用專門的消能設備，這種消能設備比目前為止在各巨壩中所應用的效

力要更大。

如果我們注意到這一個壩的邊坡所遭受的波浪作用，那末甚至看起來是相當簡單的事情，例如齊姆良高大土壩上游邊坡的加固，也是相當複雜的。齊姆良水庫中的波浪高度可以達到 3 公尺，護坡一定要做得很厚才能抵抗這種波浪的破壞作用。

由於齊姆良壩的上述一些特點就使得這個壩成為在世界築壩實踐中史無前例的獨特的壩。

伏爾加河上的古比雪夫壩和斯大林格勒壩。古比雪夫和斯大林格勒水利樞紐站將具有巨大的動力意義。它們造好以後還可以灌溉和引水給 1,400 萬公頃乾旱土地，此外，並將大大改善伏爾加河和卡瑪河上的航行條件。古比雪夫和斯大林格勒水電站將是世界上最巨大的水電站。這兩個水電站將供給我國人民經濟約 200 億 瓩/小時 的電能，其中一半送到莫斯科，另一半供斯大林格勒區、阿斯特拉罕區、古比雪夫區、薩拉托夫區以及與薩拉托夫區鄰接的中央黑土地帶的工農運輸業的需要。

古比雪夫和斯大林格勒水電站的發電能力總共約 370 萬瓩，大大超過美國任一動力系統的發電能力（紐約動力系統、支加哥動力系統等）。

古比雪夫水電站的壩也和齊姆良壩一樣，是由土壩和混凝土壩兩部分所組成：土壩部分總長約 3 公里，混凝土壩部

分長1,200公尺。在壩旁邊除了水電站以外還將建造雙綫的船閘。壩的頂上有鐵路通過。

古比雪夫壩所形成的水庫可貯集42立方公里的水，因而有可能改善水電站的工作及航運條件。水庫在一年當中用掉的水量在洪水時期又會補足。水庫的水面面積爲4,800平方公里。

土壩部分的設計高度爲42公尺，造這樣一個壩需要3,000萬立方公尺的土。

混凝土滾水壩高出河底30公尺，壩頂上裝有金屬閘門。當洪水時期時混凝土滾水壩的輸水能力不小於每秒4萬立方公尺。

建造古比雪夫水力樞紐站需要完成一億五千萬立方公尺的土方及600萬立方公尺以上的混凝土方。爲了比較起見可以順便提一提，當建造第聶伯水電站時一共祇有600萬立方公尺的土方和120萬立方公尺的混凝土方。建造古比雪夫水力樞紐站所必須裝配的金屬結構約重7萬噸左右。

古比雪夫壩也是造在砂質地基上的，因此造這個壩時也必須克服上面所講的在建造齊姆良壩時所遇到的一些困難，可能困難還要多一些。

爲了防止壩基滲漏起見，幾乎在沿壩的整個長度上要打深20公尺以上的兩排鋼板樁。

斯大林格勒水電站的壩在結構和大小方面與古比雪夫壩

相似。

斯大林格勒壩上游河段的水庫容積將爲33.5立方公里，水庫的水面面積爲3,500平方公里。

建造斯大林格勒水力樞紐站需要完成9,000萬立方公尺土工和700萬立方公尺的混凝土工。

第聶伯河上的卡霍夫卡壩。第聶伯河上的卡霍夫卡水利樞紐站像伏爾加河上的巨大建築工程一樣，具有重大的意義。在這個水利樞紐站中包括有：發電能力爲25萬瓩的水電站（年發電量約12億瓩/小時）、土壩、混凝土滾水壩、船閘以及節制閘，後者可以補充供應水量到北克里米亞運河中去。

卡霍夫卡水電站除了在工業上的用途外還可以供應電力給幾十個强大的抽水機站，這許多抽水機站可以灌溉這一個區域內80萬公頃的農田。

卡霍夫卡壩將形成容積爲14立方公里的水庫，這個水庫可以調節第聶伯河上現有第聶伯水電站以下的逕流。此外，在小水年份水庫將成爲南烏克蘭運河整個灌漑渠系統的供水源地，並且可以全年往克里米亞引水。

卡霍夫卡壩對改善第聶伯河上從第聶伯水電站到卡霍夫卡一段及卡霍夫卡以南整個下游段的航運條件也有巨大作用。

卡霍夫卡水利樞紐站的建設規模要比第聶伯水電站大得多。卡霍夫卡水工建築物所澆築的混凝土將比第聶伯水工建

築物要多60萬立方公尺，土工要多2,000萬立方公尺。

建造卡霍夫卡壩在技術上與伏爾加河上的壩一樣困難，祇不過卡霍夫卡水工建築物的規模比較小一些而已。

塔赫亞-塔什岬旁邊的壩及土庫曼大運河上的壩。土庫曼大運河建築工程可以保證工業企業的供水，可以灌溉新的土地以發展(主要是)棉花業，可以保證牧場的供水，保證下列地區畜牧業飼料基地的繼續發展：如西土庫曼裏海平原的南區，阿姆河的下游及卡拉-庫姆沙漠的西部等。在運河的綜合工程中也包括有水電站，這些水電站將供給上述地區的工農業以電能。而長1,100公里的土庫曼大運河本身將成為一條深水航運幹綫，它大約相當於奧加河這樣大小的一條河流，它是全世界所有人造運河中最長的一條。

土庫曼大運河將灌溉130萬公頃新的田地，其中有50萬公頃是在西土庫曼裏海平原南部的亞熱帶區。土庫曼大運河將要引水給700萬公頃以上的牧場並供給克拉斯諾伏斯克和其他城市的工業用水。

土庫曼大運河將改變卡拉-庫姆沙漠及裏海東南岸的自然面貌，把幾千平方公里的一片散沙變成繁茂的果園和長滿作物的農田。在半死的沙漠中將開始跳動蘇聯人歡樂生活的鮮活脈搏。

在土庫曼大運河系統中將建造很多的壩以及其他一些水工建築物，其中最大的壩一個是在塔赫亞-塔什岬旁邊的阿

姆河上，兩個是在土庫曼大運河的中部。阿姆河上的壩大大地減少了流往鹹海中去的水量，並把阿姆河的河水攔到運河裏去，似乎是要強逼阿姆河往它從前的方向——裏海方面流動。在土庫曼大運河中部的一些壩將引成許多巨大的水庫作為供給西土庫曼裏海平原淡水的源地。此外這些水庫將使從土庫曼大運河往各灌溉渠、供水渠及給水管中的供水得到良好的保證條件。

在這些壩的旁邊——在土庫曼大運河上的壩及塔赫亞-塔什壩的旁邊將建造水電站。

此外，土庫曼大運河上的壩還必須要讓船隻通過，因此規定要造船閘。

雖然所有這些壩都是低水頭的壩（例如塔赫亞-塔什壩的水頭一共祇有4公尺），但是由於當地條件的關係，這些工程都具有特殊的困難。這些困難如下：地基的不穩和透水，阿姆河床的活動性（這條河流會得一下子改道而離開原來的河道500—600公尺），要在炎熱的氣候下施工等。

上面所舉的關於偉大共產主義建設工程中巨壩的資料說明了工作量的巨大，這樣巨大的工作量必須要在規定好的最短的時間內完成。

偉大共產主義建設工程中的一切建築，包括灌溉系統，需要完成20億立方公尺的土工，幾千萬立方公尺的混凝土

和鋼筋混凝土工。20億立方公尺是一個非常巨大的體積，例如用它舖成寬100公尺、高2公尺的土堆可以從列寧格勒一直舖到海參崴。

偉大共產主義建設工程中所規定的工作量和施工速度在水利工程建設實際中是從來沒有過的。

美國最大的水電站——科羅拉多河上的鮑爾德水電站的混凝土重力壩，其體積總共祇有260萬立方公尺，幾乎比斯大林格勒水利樞紐站中混凝土建築物的體積小三分之二，這個水電站被美國吹噓了四十年，到現在還未能發揮其全部發電能力。美國第二個巨大的水電站是哥倫比亞河上的格蘭德庫利水電站，它的規模也比伏爾加河上的水電站要小得多，它在二十多年前就已開始修築，但至今尚未達到設計的總發電能力。尼羅河三角洲上的一個土壩造了有六十八年之久。

我們再來看建造運河的實際例子，蘇彝士運河長166公里，挖土方祇7,500萬立方公尺，却造了二十二年。巴拿馬運河長81公里，總的土工體積為二億一千二百萬立方公尺，程繼續了三十五年。

祇有在我們的國家裏，在國民經濟的計劃管理下，利用了世界上最先進的科學和技術，才有可能在黨和政府所規定的時間內完成偉大共產主義建設工程中許多壩和其他建築物的建造。

機械化對在短時期內勝利完成所規定的工作量有極大的

意義。

在伏爾加-頓河運河及齊姆良水利樞紐站中有90%以上的工程是用機器進行的。

在築土壩，挖基坑，開渠時將廣泛應用水力機械化，齊姆良土壩和伏爾加河上的土壩將用水力冲積法來建造。

我國的工廠特別為偉大的共產主義建設工程製造了許多新的强大而具有高度生產效能的機器，這些機器在世界建築實踐中也是從來未有的。

已經造好，並且已在伏爾加-頓河運河工程中應用的挖泥機器，它們的生產效力為每小時挖300和1,000立方公尺的土（圖39）。

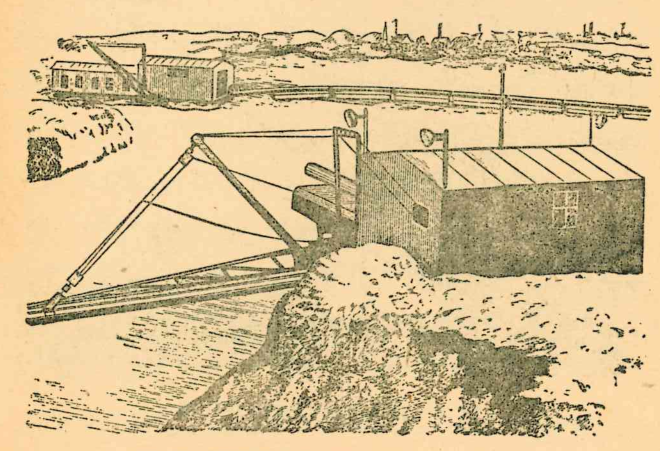


圖39 在齊姆良水庫區挖土的强大吸泥機

應用這種强大的挖泥機器可以使伏爾加-頓河運河上的

一個工人在一班時間內挖土 150 立方公尺，而應用普通的機械（土斗容積爲 0.5 立方公尺的挖土機）工作時，一個工人在一班時間內的生產率祇有 15—20 立方公尺。

用强大鋼脚步行的 ЭШ-14/65 巨人挖土機是我們機械化工作人員的新的光輝的勝利（圖 40）。這種挖土機的土斗一下子可以挖出 14 立方公尺土壤。挖土機的臂桿長 65 公尺，它可以從深 45 公尺的土坑中取土並把土壤倒到 120 公尺遠的地方。在挖土機中裝有 48 個電動機，總的發電能力爲 7,000 瓩。

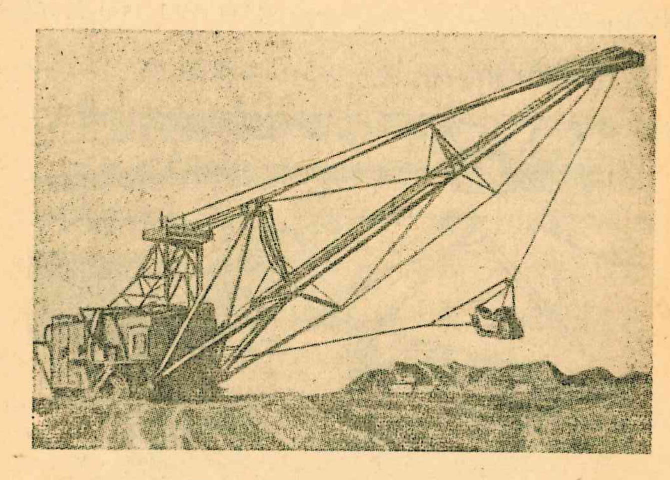


圖 40 ЭШ-14/65 步行式挖土機

把步行式挖土機從烏拉爾工廠運到工地需要 96 節火車廂。步行式挖土機最先在伏爾加-頓河運河工程中開始工作，

一部這樣的挖土機所完成的工作量相當於幾千個挖土工人的勞動。

以斯大林同志命名的新克拉馬托機械製造廠能生產土斗容量爲 15 立方公尺的超能挖土機。這種挖土機有 9—10 層大樓那樣高，重 1,054 噸，它由 58,000 個零件所組成。這種挖土機的機械是由 44 部馬達來帶動的，馬達的總發電能力爲 6,000 瓩。這樣大的發電能力可以供一個小城市的電燈發電之用。一部這樣的挖土機每晝夜可以挖土 20,000 立方公尺以上，如果用火車把這許多土運走需要 40 列重型火車。

較淺的挖方是用土斗容量爲 3—4 立方公尺的挖土機進行的。在建造滾壓壩及挖不深的基坑時，爲了把土壤運到不遠的距離，還應用另外一種挖土機，它是由曳引的拖拉機和容積爲 6、10、15 立方公尺的金屬土斗所組成。當距離較遠時土壤是用載重量爲 7、10、25 噸的自卸卡車進行運送的。

把必要的器材運往離鐵路綫很遠的塔赫亞-塔什壩工地時公路運輸將起特別巨大的作用。目前出產一種帶有拖車的特種汽車，它可以在沙漠中以每小時 45 公里的速率運送重達 60 噸的重物。

進行混凝土工程時幾乎也可以完全做到機械化。

採掘石塊、礫石和砂是在有强大機械裝備的採石場內進行，在這種採石場內每年可以開採 200 萬立方公尺的石塊和

碎石。在每一個採石場內都設有許多强大的碎石機。把材料從採石場運往混凝土工廠是用載重量爲 50 噸的自卸車廂以及自卸卡車來進行的。

1950 年時已生產出一種新的裝備，可用於每年出產200萬立方公尺混凝土的混凝土工廠。這種工廠使我們可以在建造混凝土壩時每晝夜澆築10,000立方公尺的混凝土（在第聶伯建築工程中每晝夜澆築5,500立方公尺混凝土）。爲了把混凝土做得更密實起見已經應用了一種專門的震動輸料管，可以大大提高混凝土的澆築速度。

對於混凝土作業的機械化，除了强大的機械以外還採用各種不同的輔助設施。例如，在齊姆良壩的建設工程中已經造了一座高 25 公尺，長 650 公

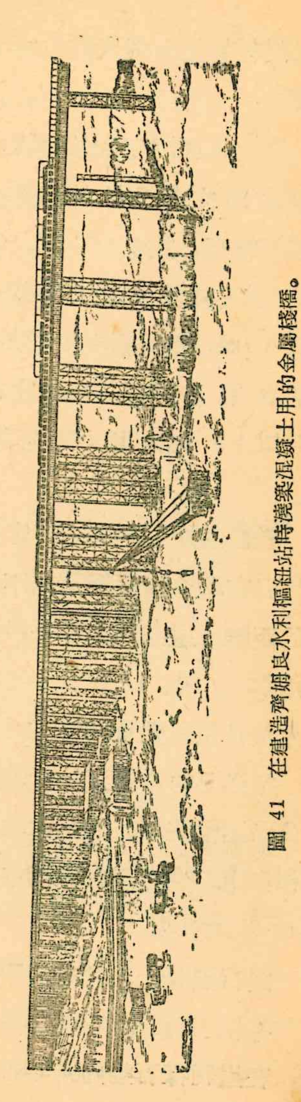


圖 41　在建造齊姆良水利樞紐站時澆築混凝土用的金屬棧橋。

尺的金屬棧橋（圖 41），棧橋上舖有鐵軌。混凝土裝在大料斗裏從混凝土工廠沿棧橋運到壩跟前，然後用 8 部强大的起重機從棧橋上往下澆築壩身。當混凝土澆築完畢後這座棧橋就保留在壩身內作爲壩的主要金屬骨架。

全蘇聯人民，包括學者、工程師、工人和集體農莊的農民都已參加在偉大的共產主義建設工程中，每一個蘇聯人都希望對這根據偉大的斯大林的創議而進行的宏偉事業有所貢獻。

在布爾什維克黨的領導下，蘇聯人民的成就日益增長和擴大，他們正在從事和平的創造性的勞動，正滿懷信心地勇往向前——走向閃耀着的共產主義火炬。

偉大的共產主義建設工程，包括它們中間的巨壩，世界上最强大的水電站，從未見過的通航運河等都將在政府規定的時間內完成。

這是我們社會主義國家和蘇聯人民的新的勝利，偉大的列寧-斯大林思想勝利的證明，對爲爭取世界和平，反對新戰爭販子而鬥爭的事業是一個不可估量的貢獻。

期 限 表



書號 0486

定價三角六分